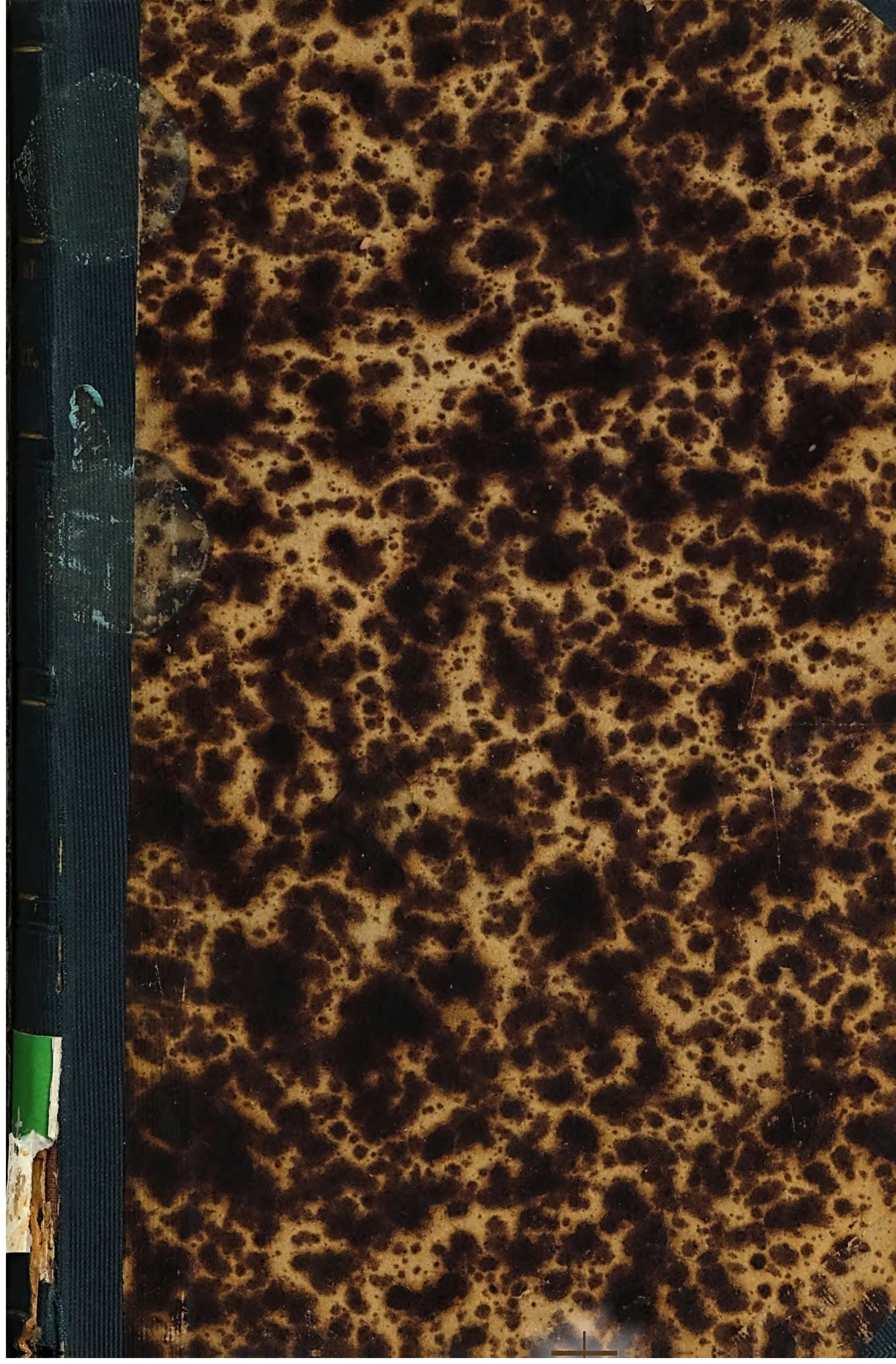




Not 1802

K

g 162

D 162.

INTERNATIONALE
WISSENSCHAFTLICHE BIBLIOTHEK.

I. BAND.



Wolkenfahne der Aiguille du Dru.

C

DAS WASSER

IN SEINEN FORMEN

ALS

WOLKEN UND FLÜSSE, EIS UND GLETSCHER.

VON

JOHN TYNDALL,

PROFESSOR DER NATURWISSENSCHAFTEN AN DER ROYAL INSTITUTION
IN LONDON.

MIT 26 ABBILDUNGEN IN HOLZSCHNITT.

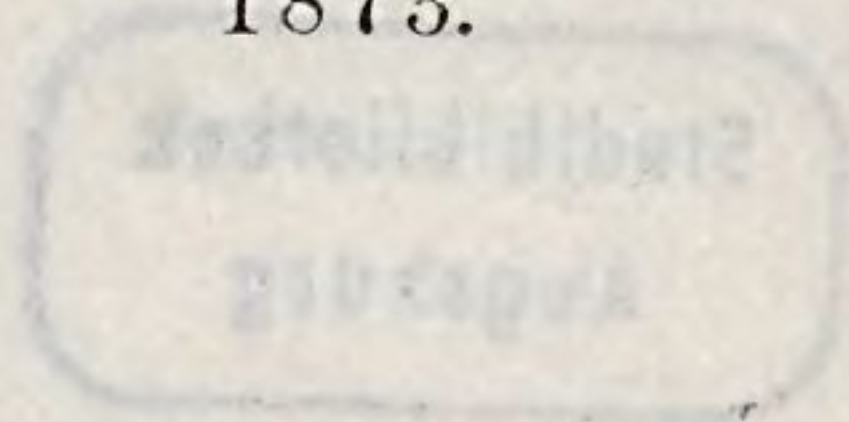
AUTORISIRTE AUSGABE.



LEIPZIG:

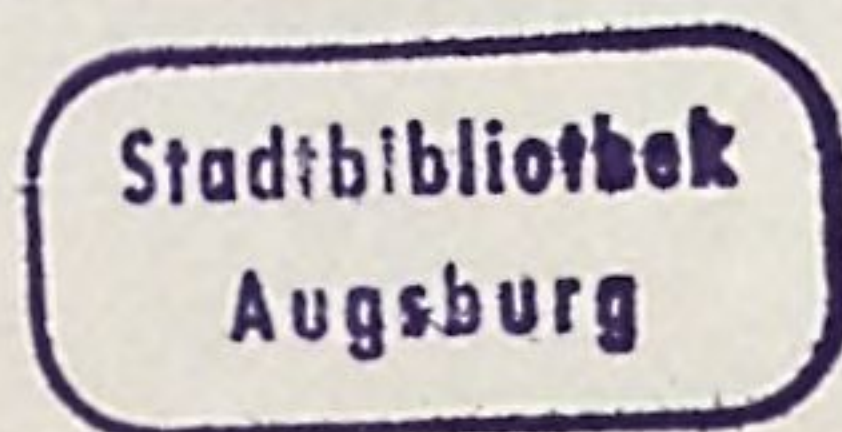
F. A. BROCKHAUS.

1873.



Das Recht der Uebersetzung ist vorbehalten.

1978, 1000



V O R W O R T.

Nach einer Abwesenheit von zwölf Jahren besuchte ich die Mer de Glace im vergangenen Juni. Sie zeigte in auffallender Weise einen Mehrverbrauch gegenüber der Zufuhr, welcher, wenn es so fortgeht, die schweizer Gletscher zu blossen Gespenstern ihres frühern Selbst macht. Als ich die Mer de Glace zuerst sah, ragten ihre Eiszacken über Les Mottets empor und ein Arm des Arveiron, der aus den Eiszacken entspringt, stürzte als ein gewaltiger Wasserfall über die Felsen. Das Eis ist jetzt weit hinter ihnen zurückgewichen. Eine mächtige Moräne, welche vom zurückweichenden Gletscher zurückgelassen worden ist, wird noch eine Zeit lang seine frühere Grösse bezeichnen. Das Gewölbe des Arveiron hat bedeutend abgenommen. Der Weg zum Chapeau hinauf liegt auf der Höhe einer Seitenmoräne, welche einige Jahre früher von der Oberfläche des Gletschers erreicht wurde; die jetzige

Oberfläche liegt viel tiefer. Das sichtbare und fortdauernde Zurückweichen von den Moränen, welche auf diese Weise an dem Bergabhänge gestrandet sind, erklärt die Abwesenheit alter Spalten an denjenigen Bergstellen, wo die Abhänge steil sind. Der Eisfall des Géant hat viel durch die allgemeine Abnahme gelitten. Seine Risse sind noch immer fürchterlich, aber die Eisriffe und Spalten der frühern Zeiten sind nur noch spärlich vorhanden.

Der grosse Aletsch und seine Nachbarn zeigen ähnliche Beweise von Abnahme. Ich fand ausserdem in diesem Jahre, dass die beiden alten, in Satz 364 erwähnten Moränen Theile derselben grossen Seitenmoräne sind, welche den Gletscher eine lange Zeit hindurch begrenzte, während welcher seine Grösse sich wirklich gleich geblieben sein muss. Der Platz, der von dem alten Eisfluss eingenommen wurde, ist deutlich sichtbar durch diese wohlerhaltene Grenze.

Während meines Aufenthalts auf der Bel-Alp in diesem Jahre ereignete sich eine Katastrophe, welche für jetzt die in §. 50 gegebene Beschreibung des Märgelinsees unzutreffend macht. In Begleitung zweier junger Freunde war ich den Gletscher hinuntergestiegen und durch den Schlund des Massa hindurchgegangen. Bei unserer Rückkehr nach Bel-Alp fanden wir die Dienstboten des Hotels aus den

Fenstern herausgelehnt und aufgeregt nach dem Gletscher hinblickend. Von diesem ging ein Geräusch aus, welches dem Rauschen eines Wasserfalles glich. Die Leute meinten, der Märgelinsee müsste durchgebrochen sein. Das war auch der Fall. Eine Zeit lang jedoch floss das Wasser unterhalb des Gletschers; aber an einer Stelle ungefähr in der Mitte zwischen Bel-Alp und dem Aeggischhorn brach es nach der Aeggischhornseite hervor und bildete einen Strom zwischen dem Gletscher und dem Bergabhang. An einigen Stellen war dieser Fluss mehr als 60 Ellen breit, an andern zog er sich zu weniger als einem Fünftel dieser Breite zusammen. Unterbrochene Wasserfälle von ausserordentlicher Höhe wurden durch aufeinanderfolgende vorstehende Eisränder gebildet; der Strom sprang mit unbeschreiblicher Heftigkeit von Rand zu Rand, indem er Wasserstaub in die Luft sprühte. An einer Stelle war der Grund des Stromes tiefer, weicher Sand, welcher, wie man nach Abfluss des Wassers sehen konnte, durch die wirbelnden Strudel über ihm zu grossen Trichtern geformt wurde.

Bald nachdem wir bei der eben berichteten Gelegenheit Bel-Alp erreicht hatten, erschien die Vorderseite des Stromes auf der gegenüberliegenden Seite des Thales, indem er alles Bewegliche vor sich hin trieb, und unmittelbar darauf fegte er durch den Hohlweg, den wir kurz vorher am selben Tage

durchschritten hatten. Am Ende des Gletschers war ich von der Stärke und dem Umfange des Massa und von der Grösse seines Gewölbes überrascht gewesen, aber ich konnte mir nicht die ungeheuern Eisblöcke, welche er andauernd herniederführte, erklären. Unzweifelhaft war der Ausbruch oben theilweise erfolgt, ehe der grosse Sturz begann. Die Rhône war bedeutend angeschwollen und hatte Ernten beschädigt oder verdorben, und der Führer des Postwagens war äusserst bestürzt, als er sich auf der öffentlichen Landstrasse ohne irgendeinen sichtbaren Grund in drei Fuss hohem Wasser befand. Zwei oder drei Tage später erfuhr ich auf dem Aeggischhorn, dass ein Ingenieur hinaufgeschickt worden war, um über die Möglichkeit, einen Kanal zu eröffnen, Bericht zu erstatten, damit irgendeine zukünftige Ansammlung von Wasser im Märgelinsee verhütet werde. Wenn dies geschieht, so wird ein nützlicher Zweck erreicht werden, jedoch auf Kosten einer der grössten Schönheiten der Schweiz.

September 1872.

J. TYNDALL.

INHALT.

	Seite
Vorwort	v
§. 1. Wolken, Regen und Flüsse	1
§. 2. Flüsse, die aus Gletschern entspringen	7
§. 3. Die Lichtwellen	9
§. 4. Die Wärmewellen, welche den Dampf unserer At- mosphäre erzeugen und unsere Gletscher schmelzen	13
§. 5. Versuche, welche die vorhergehenden Behauptungen beweisen	16
§. 6. Verdunstung des Meerwassers	22
§. 7. Tropischer Regen	27
§. 8. Die Gebirge als Verdichter	32
§. 9. Gefüge des Schnees	35
§. 10. Atomische Pole	40
§. 11. Bau des Eises auf Landseen	41
§. 12. Die Quelle des Arveiron. Eisspitzen, Thürme und Klüfte des Glätschers des Bois. Weg auf den Montanvert	45
§. 13. Die Mer de glace und ihre Quellen. Unsere erste Besteigung bis zur Schlucht	51
§. 14. Eiswasserfall und Schneefelder auf dem Col du Géant	54
§. 15. Die Gletscherfrage	56
§. 16. Zweige und Mittelmoränen der Mer de Glace von der Kluftstation	60

	Seite
§. 17. Die Talèfre und der Jardin. Arbeit zwischen den Spalten	61
§. 18. Die ersten Fragen über die Bewegung der Gletscher. Verschiebung von Gegenständen, welche in einer Spalte begraben werden	64
§. 19. Die Bewegung der Gletscher. Messungen von Hugi und Agassiz. Treiben von Hütten auf dem Eis	69
§. 20. Genaue Messungen von Agassiz und Forbes. Beweis der Aehnlichkeit der Gletscherbewegung mit der Bewegung der Flüsse	71
§. 21. Der Höhenmesser und seine Anwendung. Unsere eigenen Messungen	73
§. 22. Bewegung der Mer de Glace	77
§. 23. Ungleiche Bewegung der beiden Seiten der Mer de Glace	83
§. 24. Vermuthung einer neuen Aehnlichkeit der Gletscherbewegung mit der Bewegung der Flüsse. Prüfung dieser Vermuthung	85
§. 25. Neues Gesetz der Gletscherbewegung	90
§. 26. Bewegung der Achse der Mer de Glace.	92
§. 27. Bewegung der Nebengletscher	93
§. 28. Bewegung des Gletschers an der Oberfläche und an der Bodenfläche	95
§. 29. Seitliche Pressung eines Gletschers	96
§. 30. Pressung eines Gletschers der Länge nach	98
§. 31. Schieben und Fliessen. Hartes und weiches Eis .	101
§. 32. Winter auf der Mer de Glace	103
§. 33. Bewegung der Mer de Glace im Winter	109
§. 34. Bewegung des Grindelwald- und des Aletschgletschers	110
§. 35. Bewegung des Morteratschgletschers	112
§. 36. Entstehung einer Spalte; Betrachtungen	115
§. 37. Eiszapfen	117
§. 38. Der Bergschrund	120
§. 39. Querspalten	122
§. 40. Randspalten	124
§. 41. Längenspalten	129

	Seite
§. 42. Wie sich die Spalten zur Krümmung der Gletscher verhalten	130
§. 43. Moränefirsten, Gletschertische und Sandkegel . . .	132
§. 44. Die Gletschermühlen (Moulins)	137
§. 45. Die Veränderungen des Wasserrumfangs bei Wärme und Kälte	140
§. 46. Folgen, welche aus den eben beschriebenen Eigen- thümlichkeiten des Wassers entstehen. Verbes- serung von Irrthümern	145
§. 47. Der Molecularvorgang der Wassergefrierung . . .	149
§. 48. Die Schmutzstreifen der Mer de Glace	151
§. 49. See-Eis und Eisberge	156
§. 50. Das Aeggischhorn, der Märgelinsee und seine Eisberge	161
§. 51. Die schöne Alp (Bel-Alp)	164
§. 52. Der Riffelberg und Görnergletscher	166
§. 53. Vormalige Gletscher der Schweiz	171
§. 54. Erratische Blöcke	175
§. 55. Vormalige Gletscher in England, Irland, Schottland und Wales	177
§. 56. Die Eiszeit	180
§. 57. Gletschertheorien	183
§. 58. Ausdehnungs- und Gleitungstheorien	184
§. 59. Plastische Theorie	185
§. 60. Die Theorie von der Zähigkeit des Eises	191
§. 61. Wiedergefrierungstheorie	194
§. 62. Ursache der Wiedergefrierung	198
§. 63. Faraday's Ansicht von der Wiedergefrierung . . .	204
§. 64. Die blauen Adern der Gletscher	209
§. 65. Zusammenhang zwischen Aederung und Druck . .	218
§. 66. Schieferspaltung und Gletscherblätterungen . . .	223
§. 67. Schluss	227

VERZEICHNISS DER ABBILDUNGEN.

Wolkenfahne der Aiguille du Dru (<i>Titelbild</i>) zu S. 34 und	106.
	Seite
Schneekrystalle	38
Flüssige Blumen im See-Eis	44
Quelle des Arveiron	46
Eispinnakel	48
Die Mer de glace mit dem Mont Tacul und der Grande Jorasse und der Kluft oberhalb von Trélaporte zur Rechten	50
Skizze der Moränen a, b, c, d, e der Mer de glace . . .	59
Eisspalte auf dem Grand Plateau	67
Umrissplan der Mer de Glace und ihrer Nebengletscher, mit Angabe der gemessenen Linien	80
Skizze der Moränen a, b, c, d, e der Mer de glace . . .	99
Mit Schnee bedeckte Fichte	105
Bogenförmige Bewegung der Eismassen	127
Skizze bogenförmiger Spalten: der Gletscher bewegt sich von links nach rechts	129
Dehnung des Eises auf dem Montanvert	131
Gletschertisch der Mer de Glace	135
Schematische Darstellung eines Gletschertisches und seiner Neigung nach Süden.	136
Schmuzstreifen der Mer de Glace	152
Das Ende der Schmuzstreifen am Chapeau	153
Oberer Theil der Schmuzstreifen vom Eisfall bis Trélaporte	155

	Seite
Eisberg des nördlichen Polarmeeres	160
Eisberg des Glacier des Bossons	160
Der Görnergletscher mit dem Monte-Rosa in der Entfernung und dem Riffelhorn zur Linken	169
Durchschnitt eines Eisfalls und des Gletschers unter ihm, den Ursprung des geäderten Baues aufweisend . . .	214
Bänderung und Schichtung auf dem Aletschgletscher . .	215
Aederung und Schichtung auf dem Furkagletscher . . .	217
Wirkung des Drucks der Eisbewegung	221

§. 1. Wolken, Regen und Flüsse.

1. Jeder Erscheinung in der Natur gehen andere vorher, welche ihre Ursachen bilden, und folgen andere, welche ihre Wirkungen sind. Der menschliche Geist begnügt sich nicht mit der Beobachtung und der Untersuchung irgendeines natürlichen Vorganges allein, sondern wünscht jede natürliche Thatsache in Verbindung zu bringen mit dem, was vorhergegangen ist, und mit dem, was folgen wird.

2. So wird, wenn wir auf die Untersuchung von Flüssen und Gletschern eingehen, unsere Theilnahme sehr vermehrt werden, wenn wir nicht nur ihre gegenwärtigen Erscheinungen, sondern auch ihre Ursachen und Wirkungen ins Auge fassen.

3. Lassen Sie uns einen Fluss bis zu seiner Quelle verfolgen. Beginnen wir da, wo er sich in die See ergiesst, und verfolgen ihn rückwärts, so finden wir, dass sich ihm von Zeit zu Zeit Nebenflüsse zugesellen, welche sein Wasser anschwellen. Der Fluss wird selbstverständlich hinter jedem solcher Nebenflüsse kleiner. Er schrumpft zuerst zu einem Flüsschen, dann zu einem Bach zusammen; dieser theilt sich

wiederum in eine Anzahl kleinerer Bächlein, die dann in kleinen Wasserfäden endigen. Letztere bilden die Quelle des Flusses und werden gewöhnlich zwischen Bergen gefunden.

4. So hat der Severn seine Quelle in den Bergen von Wales; die Themse in den Cotswold-Hügeln; die Donau in den Bergen des Schwarzwaldes; der Rhein und die Rhône in den Alpen; der Ganges im Himalaja; der Euphrat nahe dem Berge Ararat; die Garonne in den Pyrenäen; die Elbe im Riesengebirge; der Missouri im Felsengebirge und der Amazonasstrom in den Anden von Peru.

5. Es ist aber ganz klar, dass wir bisjetzt noch nicht den wirklichen Anfang der Flüsse erreicht haben. Woher entlehnen die allerersten Bächlein ihr Wasser? Ein kurzer Aufenthalt in den Bergen würde Ihnen beweisen, dass sie vom Regen gespeist werden. Bei trockenem Wetter würden Sie die Bäche schwach, zuweilen sogar ganz ausgetrocknet finden. Bei nassem Wetter würden Sie reissende Ströme in ihnen sehen. Gewöhnlich verlieren sich diese Bäche als kleine Wasserfäden auf den Bergabhängen; aber zuweilen können Sie einen Fluss bis zu einer wirklichen Quelle verfolgen. Der Fluss Albula in der Schweiz z. B. stürzt bei seinem Ursprung in bedeutendem Umfang von einem Bergabhang. Aber Sie werden sich bald überzeugen, dass auch solche Quellen vom Regen gespeist werden, welcher durch die Felsen oder den Boden hindurchgesickert ist und welcher durch irgendeine

Oeffnung, die er gefunden oder gebildet hat, an das Licht des Tages kommt.

6. Aber wir können hier nicht endigen. Woher kommt der Regen, welcher die Bergbäche bildet? Beobachtung wird Sie in den Stand setzen, diese Frage zu beantworten. Regen fällt nicht aus klarem Himmel. Er kommt aus Wolken. Aber was sind Wolken? Gibt es nichts Ihnen Bekanntes, dem sie ähnlich sind? Sie entdecken sogleich eine Aehnlichkeit zwischen ihnen und dem verdichteten Dampf einer Locomotive. Bei jedem Stoss der Maschine wird eine Wolke in die Luft geschleudert. Beobachten Sie die Wolke genau: Sie bemerken, dass sie sich erst in einer kleinen Entfernung von der Kappe des Schornsteins bildet. Geben Sie genau Acht und Sie werden zuweilen einen vollkommen klaren Raum zwischen dem Schornstein und der Wolke sehen. Durch diesen klaren Raum muss dasjenige, was die Wolke bildet, hindurchgehen. Was ist denn nun das Ding, das in einem Augenblick durchsichtig und unsichtbar ist und im nächsten Augenblick sichtbar wie eine dicke undurchsichtige Wolke wird?

7. Es ist der Wasserdampf aus dem Dampfkessel. Innerhalb dieses Kessels ist der Dampf durchsichtig und unsichtbar; um ihn aber in diesem unsichtbaren Zustande zu erhalten, ist eine ebenso grosse Hitze erforderlich wie diejenige in dem Kessel. Wenn der Dampf sich mit der kalten Luft oberhalb des heissen Schornsteins vermischt, hört er

auf Dampf zu sein. Jeder Theil des Dampfes schrumpft durch die Abkühlung zu einem viel kleinern Theilchen Wasser zusammen. Die so entstandenen flüssigen Theilchen bilden eine Art Wasserdunst von ausserordentlicher Feinheit, welcher in der Luft schwimmt und eine Wolke genannt wird.

8. Beobachten Sie die Wolkenfahne, die von dem Schornstein einer fahrenden Locomotive ausgeht; Sie sehen sie allmählich weniger dicht werden. Zuletzt zerschmilzt sie vollständig, und wenn Sie Ihre Beobachtungen fortsetzen, so kann es Ihnen nicht entgehen, dass die Schnelligkeit ihres Verschwindens von der Beschaffenheit des Tages abhängt. Bei feuchtem Wetter hängt die Wolke lange und träge in der Luft; bei trockenem Wetter ist sie schnell aufgesogen. Was ist aus ihr geworden? Sie ist wieder umgewandelt worden in wirklichen unsichtbaren Dampf.

9. Je trockener und je heisser die Luft ist, desto grösser ist die Menge von Wolken, welche auf diese Art in ihr aufgelöst werden können. Wenn die Wolke zuerst entsteht, ist ihre Menge viel grösser als die Luft in einem unsichtbaren Zustande erhalten kann. Aber wenn sich die Wolke allmählich mit einer grössern Menge Luft vermischt, so wird sie mehr und mehr aufgelöst und geht zuletzt ganz und gar aus dem Zustand einer fein vertheilten Flüssigkeit in denjenigen eines durchsichtigen Dampfes oder Gases über.

10. Machen Sie den Deckel eines Theekessels luftdicht und gestatten Sie dem Dampf aus der Röhre zu entweichen, so wird eine Wolke ausgestossen werden, welche in jeder Beziehung derjenigen aus dem Schornstein einer Locomotive ähnlich ist.

11. Gestatten Sie dem Dampf, wenn er aus der Röhre ausströmt, durch eine Spiritusflamme zu gehen, so wird die Wolke augenblicklich von der Hitze aufgelöst und nicht wieder niedergeschlagen. Mit einem eigens dazu gefertigten Kessel und Rohr kann man das Experiment schlagender machen, aber nicht lehrreicher als mit dem gewöhnlichen Kessel.

12. Betrachten Sie Ihre Schlafzimmerfenster, wenn das Wetter draussen sehr kalt ist; sie strömen dann zuweilen über von Wasser, das aus der Verdichtung des wässerigen Dampfes Ihrer eigenen Lungen her stammt. Die Fenster von Eisenbahnwagen zeigen im Winter diese Verdichtung noch auf schlagendere Weise. Giessen Sie kaltes Wasser in ein trockenes Trinkglas an einem Sommertage: die äussere Oberfläche wird augenblicklich getrübt werden durch den Niederschlag von Feuchtigkeit. An einem warmen Tage bemerken Sie keinen Hauch vor Ihrem Munde, aber an einem kalten Tage bilden Sie eine kleine Wolke, welche von der Verdichtung des Wasserdampfes der Lungen herrührt.

13. Sie können in einem Ballsaal beobachten, dass, solange die Thüre und Fenster geschlossen sind und das Zimmer heiss ist, die Luft klar bleibt;

aber wenn die Thüren oder Fenster geöffnet werden, wird eine Trübung sichtbar, welche durch den Niederschlag des wässerigen Dampfes des Ballsaales in Form von Nebel verursacht wird. Wenn das Wetter intensiv kalt ist, so kann der Eintritt von frischer Luft sogar Schneefall verursachen. Dies wurde in russischen Ballsälen beobachtet; und auch in den unterirdischen Ställen zu Erzerum, wenn die Thüren geöffnet werden und der kalten Morgenluft der Eintritt gestattet ist.

14. Selbst am trockensten Tage fehlt dieser Dampf nie in unserer Atmosphäre. Der Dampf, welcher in der Luft dieses Zimmers aufgelöst ist, kann in Ihrer Gegenwart in Reif verwandelt werden. Dieses geschieht dadurch, dass man eine Schüssel mit einer Mischung von gestossenem Eis und Salz füllt, welche kälter ist als Eis allein, und welche daher den wässerigen Dampf verdichtet und gefrieren macht. Die Oberfläche der Schüssel wird zuletzt mit einem gefrorenen Pelz bedeckt sein, welcher so dick ist, dass er abgekratzt und zu einem Schneeball geformt werden kann.

15. Um die Wolke zu erzeugen in dem Fall der Locomotive und des Wasserkessels, ist Hitze nothwendig. Wir verwandeln das Wasser zuerst durch Erwärmung in Dampf, und dann den Dampf durch Abkühlung in eine Wolke. Gibt es irgend ein Feuer in der Natur, welches die Wolken unserer Atmosphäre erzeugt? Ja, es gibt ein solches: das Feuer der Sonne.

16. So gelangen wir, indem wir unsern Fluss von seinem Ende bis zu seinen wirklichen Anfängen rückwärts verfolgen, ohne irgendeine Unterbrechung in der Kette der Vorgänge, zuletzt zur Sonne.

§. 2.

17. Es gibt jedoch Flüsse, deren Quellen etwas verschieden sind von denen der eben erwähnten. Sie haben nicht ihren Ursprung in Wasser, welches von einem Bergabhang heruntersickert, noch kann man sie bis zu einer Quelle verfolgen. Gehen Sie z. B. an die Mündung der Rhône und verfolgen Sie sie rückwärts bis Lyon, wo sie nach Osten umbiegt. Biegen Sie um Chambéry herum, so kommen Sie zuletzt an den Genfersee, aus welchem der Fluss herauskommt und welchen Sie geneigt sein könnten für die Quelle der Rhône zu halten. Aber gehen Sie an das andere Ende des Sees, da werden Sie finden, dass die Rhône dort eintritt, und dass der See in Wirklichkeit eine Art Ausbreitung des Flusses ist. Verfolgen Sie diesen aufwärts; Sie finden, dass schmalere Flüsse von rechts und links ihm zulaufen. Ueberschreiten Sie diese und setzen Ihre Reise noch höher hinauf fort. Zuletzt kommen Sie zu einer unermesslichen Eismasse — das Ende eines Gletschers —, welche das Rhônethal ausfüllt, und aus dem Fusse des Gletschers entspringt der Fluss. So finden Sie im Rhône-gletscher die Quelle des Rhône-flusses.

18. Aber wiederum haben wir nicht den wahren Anfang des Flusses erreicht. Sie werden sich bald überzeugen, dass dieses erste Wasser der Rhône aus dem Schmelzen des Eises entstanden ist. Sie besteigen den Gletscher und gehen auf ihm weiter. Nach einer Weile verschwindet das Eis, und Sie gelangen auf Schnee. Wenn Sie ein geübter Bergsteiger sind, so können Sie bis zu der wirklichen Spitze dieses grossen Schneefeldes gehen, und wenn Sie die Spitze übersteigen und an der andern Seite hinabgehen, so hört der Schnee zuletzt auf, und Sie gelangen auf einen andern Gletscher, Trift genannt, aus dessen Fuss ein kleinerer Fluss als die Rhône entspringt.

19. Sie ersehen bald, dass der Bergschnee den Gletscher ernährt. Durch das eine oder andere Mittel wird der Schnee in Eis verwandelt. Aber woher kommt der Schnee? Wie der Regen kommt er aus den Wolken, welche wir bis zu ihrem Ursprung als Dampf, der von der Sonne hervorgerufen wird, verfolgen können. Ohne das Sonnenfeuer könnten wir keinen atmosphärischen Dampf haben, ohne Dampf keine Wolken, ohne Wolken keinen Schnee und ohne Schnee keine Gletscher. So sonderbar auch diese Schlussfolge klingen mag, so können wir doch sagen, das kalte Eis der Alpen hat seinen Ursprung in der Hitze der Sonne.

§. 3. Die Lichtwellen.

20. Aber was ist die Sonne? Wir kennen ihre Grösse und ihr Gewicht. Wir wissen auch, dass sie ein Feuerball ist, der viel heisser ist als irgendein Feuer auf der Erde. Aber wir kommen jetzt zu einer andern Frage. Wir wollen bestimmt erfahren, was unter Sonnenlicht und Sonnenhitze verstanden wird; auf welche Weise theilen sie sich unsern Sinnen mit; durch welche Mittel gelangen sie von der Sonne auf die Erde, und wie bringen sie hier die Wolken unserer Atmosphäre hervor und legen damit den Grund zu unsern Flüssen und Gletschern?

21. Wenn Sie in einem dunkeln Zimmer Ihre Augen schliessen und mit dem Finger auf das Augenlid drücken, so wird ein Lichtkreis gegenüber dem gedrückten Punkte sichtbar werden, während ein starker Schlag auf das Auge den Eindruck eines Feuerscheines macht. Es gibt einen Nerven, der besonders den Zwecken des Sehens gewidmet ist und der aus dem Gehirn an die hintere Seite des Auges gelangt und sich hier in feine Fasern theilt, welche zu einer Art von Schirm, Retina oder Netzhaut genannt, zusammengewebt sind. Die Netzhaut kann auf verschiedene Art erregt werden, um die Lichtempfindung zu erzeugen; sie kann, wie wir gesehen haben, durch die rohe mechanische Wirkung eines Schlags auf das Auge erregt werden.

22. Ein gesundes Auge erzeugt keine Lichtempfindung aus sich selbst. Um Sehen zu erzeugen, muss die Netzhaut durch irgendetwas von aussen Kommendes erregt werden. Was ist dieses? Auf irgendeine Art haben leuchtende Körper die Eigenschaft, die Netzhaut zu erregen, aber wie?

23. Man hat lange Zeit vermuthet, dass von solchen Körpern eine unbegreiflich feine Materie mit unbegreiflicher Geschwindigkeit ausginge, welche durch den Raum fliege, durch die Poren, die man in den Feuchtigkeiten des Auges vermuthete, hindurchdränge, hinten die Netzhaut erreiche und durch ihren Stoss gegen die Netzhaut die Lichtempfindung hervorrufe.

24. Diese Theorie, welche von den grössten Männern, unter andern auch von Sir Isaak Newton, angenommen wurde, war ausreichend, um eine grosse Zahl der Lichterscheinungen zu erklären, aber sie war nicht ausreichend, alle zu erklären. Als die Geschicklichkeit und Kenntniss der Forscher wuchs, wurden grosse Klassen von That-sachen entdeckt, welche nur dadurch erklärt werden konnten, dass man annahm, das Licht würde erzeugt nicht durch eine feine Masse, welche durch den Raum fliegt und die Netzhaut trifft, sondern durch den Stoss von winzig kleinen Wellen gegen die Netzhaut.

25. Tauchen Sie Ihren Finger in eine Wanne mit Wasser und lassen Sie denselben dann schnell hin- und herschwingen. Von dem Punkte der Stö-

rung gehen kleine Wellen aus, welche vom Wasser weitergetragen werden und welche zuletzt an die Wanne anschlagen. Hier haben Sie in dem sich bewegenden Finger die Quelle der Erregung; in dem Wasser haben Sie ein Zuführungsmittel, durch welches die Bewegung des Fingers übertragen wird, und Sie haben endlich die Wand der Wanne, welche den Stoss der kleinen Wellen empfängt.

26. In ähnlicher Weise haben Sie nach der Wellentheorie des Lichts eine Quelle der Bewegung in den schwingenden Atomen oder kleinsten Theilchen des leuchtenden Körpers; Sie haben ein Hülfsmittel der Uebertragung in einem Stoffe, welcher, wie man annimmt, überall im Raum vertheilt und auch in den Feuchtigkeiten des Auges verbreitet ist; und endlich haben Sie die Netzhaut, welche die aufeinanderfolgenden Stösse der Wellen empfängt. Man nimmt an, dass diese Stösse die Lichtempfindung verursachen.

27. Wir haben es hier zum grössten Theil nur mit Vermuthungen und Voraussetzungen zu thun. Wir haben nie die Atome eines leuchtenden Körpers noch ihre Bewegungen gesehen. Wir haben nie das Medium, welches ihre Bewegungen überträgt, noch die Wellen dieses Mediums gesehen. Wie kommen wir denn dazu, ihr Dasein anzunehmen?

28. Ehe ein solcher Gedanke im menschlichen Geiste Wurzel fassen konnte, musste er durch Be-

obachtungen und Berechnungen der gewöhnlichen Wellenbewegung gut geschult und vorbereitet sein. Es war nothwendig zu wissen, wie Wasserwellen und Schallwellen entstehen und fortgepflanzt werden. Es war vor allen Dingen nothwendig zu wissen, wie Wellen, welche durch dasselbe Medium gehen, aufeinander einwirken. So unterwiesen war der Geist vorbereitet, um irgendeine Aehnlichkeit zwischen der Thätigkeit des Lichts und jener der Wellen zu entdecken. Grosse Klassen optischer Erscheinungen zeigten sich demgemäss, welche auf die vollständigste und befriedigendste Weise erklärt werden konnten, wenn man annahm, dass sie von Wellen herrührten, und welche auf keine andere Weise erklärt werden konnten. Durch ihre Fähigkeit, alle Lichterscheinungen zu erklären, ist die Wellentheorie von seiten der wissenschaftlichen Leute allgemein angenommen worden.

Gestatten Sie mir ein Gleichniss anzuführen. Wir schliessen aus den Feuersteinwerkzeugen, welche unlängst in solcher Menge in England und andern Gegenden gefunden worden sind, dass sie von Menschen verfertigt worden waren, und auch dass die Pyramiden in Aegypten von Menschen erbaut sind, weil, soweit unsere Erfahrung reicht, nur Menschen dergleichen Werkzeuge bilden und solche Pyramiden bauen konnten. In gleicher Weise schliessen wir von der Erscheinung des Lichts auf die Thätigkeit von Wellen, weil, so-

weit unsere Erfahrung reicht, keine andere Thätigkeit diese Erscheinung erzeugen könnte.

§. 4. Die Wärmewellen, welche den Dampf unserer Atmosphäre erzeugen und unsere Gletscher schmelzen.

29. Somit habe ich Ihnen im allgemeinen die Vorstellung entwickelt, wonach das Licht als eine Folge von Wellenbewegungen angesehen wird, und die Gründe, welche zu dieser Vorstellung geführt haben; aber wir müssen noch weiter gehen und die Vorstellung bis in einige ihrer Einzelheiten verfolgen. Wir haben alle schon Wasserwellen gesehen und wissen, dass sie von verschiedener Grösse sind — verschieden in Länge und verschieden in Höhe. Wenn man Ihnen daher sagt, dass die Atome der Sonne und fast aller leuchtenden Körper auf verschiedene Art schwingen und Wellen von verschiedener Grösse erzeugen, so wird Sie Ihre Kenntniss der Wasserwellen in den Stand setzen, sich eine ziemlich klare Vorstellung von dem, was gemeint ist, zu bilden.

30. Wie oben bemerkt, haben wir nie die Lichtwellen gesehen, aber wir schliessen aus ihren Wirkungen auf ihr Vorhandensein, ihre Stellung und ihre Grösse. Auch ihre Länge ist bestimmt worden, und man hat gefunden, dass sie zwischen $\frac{1}{30000}$ und $\frac{1}{60000}$ eines Zolls schwankt.

31. Aber ausser jenen, welche Licht erzeugen, entsendet die Sonne fortwährend eine Unzahl Wel-

len, welche kein Licht erzeugen. Die grössten Wellen, welche die Sonne entsendet, leuchten nicht, doch haben sie die höchste Wärmekraft.

32. Ein gewöhnlicher Sonnenstrahl enthält Wellen jeder Gattung; aber man kann den Strahl durchsieben oder zerlegen, sodass alles Licht zurückgehalten und nur der dunkeln Wärme gestattet wird, ungehindert hindurchzugehen. Es sind Stoffe entdeckt worden, welche durchaus undurchsichtig für die Lichtwellen und fast ganz durchsichtig für die andern Wellen sind. Andererseits ist es möglich, durch Anwendung geeigneter Stoffe in einem hohen Grade die reinen Wärmewellen zurückzuhalten und den reinen Lichtwellen freien Durchgang zu gestatten. Letztere Sonderung ist jedoch nicht so vollkommen wie erstere.

33. Wir werden jetzt lernen, wie die eine Art der Wellen von der andern zu trennen ist, und den Beweis führen, dass Wellen, welche stark genug sind, ein Feuer anzuzünden, Metall zu schmelzen oder die Hand gleich einem heissen Körper zu verbrennen, in einem vollkommen dunkeln Raume bestehen können.

34. Gesetzt den Fall, wir unterdrückten zum ersten die grossen Wärmewellen, und gestatteten den Lichtwellen allein hindurchzugehen. Diese können durch angemessene Linsen vereinigt und in Wasser geleitet werden, ohne dasselbe merklich zu erwärmen. Lassen Sie nun die Lichtwellen zurück und vereinigen die grössern Wärmewellen auf dieselbe

Art, so kann man durch sie fast augenblicklich das Wasser kochen machen.

35. Dieses ist der Punkt, zu welchem ich Sie führen wollte, und welcher ohne genügende Vorbereitung nicht verstanden werden konnte. Sie bemerken nun, welche wichtige Rolle diese grossen Dunkelwellen, wenn ich mich dieses Ausdrucks bedienen darf, in dem Vorgang der Verdunstung spielen. Wenn sie in Meere, Seen und Flüsse tauchen, werden sie dicht an der Oberfläche aufgehalten und erwärmen das Wasser an der Oberfläche, sodass es dadurch verdunstet; die Lichtwellen tauchen zu gleicher Zeit in die Tiefe, ohne das Wasser merklich zu erwärmen, durch welches sie gehen. Es ist folglich nicht das Sonnenfeuer schlechtweg, welches Verdunstung hervorruft, sondern ein besonderer Bestandtheil dieses Feuers, dessen Gegenwart Ihnen wahrscheinlich nicht bekannt war.

36. Ferner sind es diese nämlichen lichtlosen Wellen, welche, wenn sie auf die Gletscher der Alpen fallen, das Eis schmelzen und alle Flüsse von den Gletschern herunterfliessen lassen; denn ich werde Ihnen sogleich beweisen, dass die Lichtwellen, wenn sie selbst aufs stärkste vereinigt werden, unfähig sind, den feinsten Reif zu schmelzen; um wieviel weniger würden sie das reichliche Schmelzen auf den Gletschern hervorrufen können.

37. Diese grossen lichtlosen Wellen der Sonne werden ebenso wie die Wärmewellen, welche von

nicht leuchtenden heissen Körpern ausgehen, häufig dunkle oder unsichtbare Wärme genannt. Wir haben hier ein Beispiel von der Art, wie scheinbar getrennte Erscheinungen in diesem wunderbaren Gebäude von Dingen, das wir Natur nennen, miteinander verbunden sind. Sie können nicht eine Schneeflocke gründlich untersuchen, ohne Schritt für Schritt bis zu der Beschaffenheit der Sonne zurückgeführt zu werden. So ist es durchweg in der Natur. Alle ihre Theile sind voneinander abhängig, und das gründliche Studium irgend-eines Theils würde in der That das Studium aller in sich schliessen.

§. 5. Versuche, welche die vorhergehenden Behauptungen beweisen.

38. Wärme, welche aus einer nicht sichtbar rothglühenden Quelle stammt, kann nicht bis zu jenem Grade verstärkt werden, um die mächtigen Wirkungen zu erzeugen, von welchen wir berichtet haben. Um diese zu erzeugen, ist es nothwendig, die dunkle Hitze eines Körpers, welcher bis zum höchsten möglichen Grad des Weissglühens gesteigert worden ist, anzuwenden. Die Sonne ist ein solcher Körper, und ihre dunkle Wärme ist daher passend zu Versuchen dieser Art.

39. Aber in der Atmosphäre von London und für Versuche wie die unserigen sind die Wärmewellen, welche von Kohle ausgehen, die durch einen

elektrischen Strom zum höchsten Weissglühen gebracht worden ist, viel brauchbarer als die Sonnenwellen. Das elektrische Licht hat auch den Vortheil, dass seine dunkeln Strahlen einen grössern Bruchtheil der Gesamtstrahlen umfassen als die dunkle Wärme der Sonne. In der That ist die Kraft oder Energie, wenn ich so sagen darf, der dunkeln Wellen des elektrischen Lichts reichlich siebenmal so gross als jene seiner Lichtwellen. Das elektrische Licht soll daher auch zu unsern experimentellen Beweisen angewandt werden.

40. Von dieser Quelle geht ein mächtiger Strahl durch das Zimmer, welcher seinen Weg durch die Stäubchen, welche in der Luft des Zimmers fliegen, anzeigt; denn wenn die Stäubchen vollkommen abwesend wären, bliebe der Strahl ganz ungesehen. Er fällt auf einen concaven Spiegel (ein hinten versilberter Glasspiegel genügt) und wird von dem Spiegel zu einem Kegel reflectirter Strahlen zusammengebracht; die leuchtende Spitze des Kegels, welche der Brennpunkt des Spiegels ist, ist ungefähr 15 Zoll entfernt von seiner widerstrahlenden Oberfläche. Lassen Sie uns den Brennpunkt genau durch eine Marke bezeichnen.

41. Und nun lassen Sie uns in den Weg des Strahles einen Stoff bringen, welcher vollkommen undurchsichtig für Licht ist. Diese Substanz ist Iod, welches in einer Flüssigkeit aufgelöst ist, die Schwefelkohlenstoff genannt wird. Das Licht im Brennpunkt verschwindet sogleich, wenn die dunkle

Auflösung eingeschaltet wird. Aber die Auflösung ist vollkommen durchsichtig für die dunkeln Wellen, und ein Brennpunkt solcher Wellen bleibt in der Luft des Zimmers, nachdem das Licht ausgelöscht worden ist. Sie können die Wärme dieser Wellen mit Ihrer Hand fühlen; Sie können sie auf ein Thermometer fallen lassen und dadurch ihre Gegenwart beweisen; oder noch besser, Sie können sie veranlassen, einen elektrischen Strom zu erzeugen, welcher eine grosse Magnetnadel seitwärts ablenkt. Die Grösse der Ablenkung dient als Mass für die Wärme.

42. Unsere Absicht ist nun, durch Anwendung einer stärkern Lampe und eines bessern Spiegels (einer der von vorne versilbert ist und eine kleinere Entfernung des Brennpunktes hat) die Thätigkeit, welche hier so fühlbar geworden ist, zu verstärken. Wie zuvor wird der Brennpunkt auffallend sichtbar gemacht durch die starke Beleuchtung der Staubtheilchen. Wir wollen zuerst den Strahl durchsehen, um seine dunkeln Wellen zurückzuhalten, und dann den leuchtenden Wellen allein gestatten, ihre äusserste Kraft auf ein kleines Bündel Schiessbaumwolle auszuüben, welches im Brennpunkt angebracht ist.

43. Es wird hierdurch nicht die mindeste Wirkung ausgeübt. Die Schiessbaumwolle könnte eine Woche lang da liegen bleiben, ohne entzündet zu werden. Gestatten wir jetzt dem nichtgesiebten Strahl auf die Baumwolle einzuwirken. Sie wird

augenblicklich aufflammen und zerstieben. Dieser Versuch beweist, dass die Lichtwellen unfähig sind, die Baumwolle zu entzünden, während die Wellen des vollen Strahles dazu fähig sind; daraus können wir schliessen, dass die dunkeln Wellen die wahre Ursache der Entflammung sind.

44. Aber dieser Schluss würde nur wahrscheinlich sein; denn man könnte dagegen einwenden, dass die Mischung der dunkeln und Lichtwellen nothwendig wäre, um diesen Zweck zu erreichen. Lassen Sie uns denn vermittels der undurchsichtigen Mischung unsere dunkeln Wellen absondern und auf die Baumwolle hinleiten. Dieselbe entzündet sich dadurch wie zuvor.

45. Folglich sind es die dunkeln Wellen und diese allein, welche bei der Entzündung der Baumwolle betheiligt sind.

46. Durch denselben dunkeln Brennpunkt werden Platinaplatten zu lebhafter Rothglut erhitzt; Zink dadurch verbrannt; Papier geht augenblicklich in Flammen auf; Magnesiumdraht wird entzündet; Steinkohle innerhalb eines Behälters, welcher Sauerstoff enthält, wird in Brand gesetzt; ein Diamant in gleicher Lage fängt an zu glühen wie ein Stern und wird dann allmählich aufgezehrt. Und alles dieses geschieht, während die Luft am Brennpunkt so kalt bleibt wie irgendein anderer Theil des Zimmers.

47. Um die Lichtwellen zu erhalten, wenden wir eine dünne Auflösung von Alaun in Wasser an;

um die dunkeln Wellen zu erhalten, wenden wir die obenerwähnte Iodlösung an. Aber wie vorhin gesagt (32), ist Alaun kein so ausgezeichnetes Sieb wie Iod; denn es lässt auch einen Theil der dunkeln Wärme hindurch.

48. Obgleich die Lichtwellen ihre Unfähigkeit bewiesen haben, die Schiessbaumwolle zu entzünden, so sind sie doch fähig, schwarzes Papier zu verbrennen; oder sogar die Baumwolle zu verpuffen, wenn sie geschwärzt ist. Die weisse Baumwolle saugt das Licht nicht ein, und ohne Einsaugung findet keine Erhitzung statt. Die schwarze Baumwolle saugt ein, wird erhitzt und verpufft.

49. Statt der Alaunauflösung wollen wir für unsern nächsten Versuch eine Zelle mit reinem Wasser anwenden, durch welche das Licht hindurchgeht, ohne dass es merklich absorbirt wird. An den Brennpunkt wird ein Probirröhrchen, gleichfalls mit Wasser angefüllt, gestellt, sodass die volle Stärke des Lichts darauf vereinigt wird. Das Wasser wird nicht merklich erwärmt durch die vereinigten Wellen. Entfernen wir nun die Zelle mit Wasser, so wird keine Veränderung am Lichtstrahl bemerklich, aber das Wasser im Probirröhrchen kocht jetzt.

50. Da wir auf diese Weise bewiesen haben, dass die Lichtwellen ohne Wirkung sind und der volle Strahl wirksam ist, so können wir schliessen, dass die dunkeln Wellen die Erwärmung hervorbringen. Aber wir können unsern Beweis ver-

stärken, wenn wir unser undurchsichtiges Iodsieb anwenden. Stellen wir dasselbe auf den Weg des Strahls, so ist das Licht vollständig abgesperrt, aber das Wasser kocht ebenso, als wenn der volle Strahl auf dasselbe fiel.

51. Der Beweis für die Behauptung, welche im Satz 34 aufgestellt worden, ist hiermit geliefert.

52. Wenden wir uns nun zur Frage über das Schmelzen des Eises. Auf der Oberfläche einer Flasche, welche mit einer Kältemischung angefüllt ist, erhalten wir einen dicken Pelz von Reif. (Satz 14.) Indem wir den Strahl durch eine Wasserlinse gehen lassen, werden seine leuchtenden Wellen auf der Oberfläche der Flasche vereinigt. Nicht ein Spitzchen des Reifs wird dadurch geschmolzen. Entfernen wir nun die Wasserlinse, so wird nach einem Augenblick ein Fleck so gross wie ein Guldenstück im gefrorenen Reif geschmolzen sein. Folglich, da der volle Strahl diese Wirkung hervorbringt und der leuchtende Theil des Strahls sie nicht hervorbringt, schreiben wir den dunkeln Wellen das Schmelzen des Reifes zu.

53. Wie vorhin verstärken wir diesen Beweis, indem wir die dunkeln Wellen allein auf die Flasche vereinigen. Der Reif wird ganz ebenso geschmolzen wie durch den vollen Strahl.

54. Diese Wirkungen werden noch auffallender sichtbar, wenn wir die Kältemischung in der Flasche mit Tinte schwärzen. Wenn der Reif entfernt ist, so kommt die Schwärze der Oberfläche, von wel-

cher er weggeschmolzen ist, in starkem Gegensatz zu der angrenzenden Schneeweisse zur Erscheinung. Wenn die Flasche selbst statt der gefrierenden Mischung geschwärzt wird, so werden die reinen Lichtwellen vom Glas absorbirt und dasselbe dadurch erwärmt; das Glas wirkt auf den Reif und schmelzt ihn. Deshalb schwärzen wir statt der Flasche selbst die Mischung in der Flasche.

55. Dieser Versuch dient als Beweis für die Behauptung im Satz 36, dass es die dunkeln Wellen der Sonne sind, welche den Bergschnee und das Eis schmelzen und alle Flüsse, welche von Gletschern kommen, erzeugen. Es gibt Schriftsteller, welche die Naturwissenschaften nur als eine Summe von Thatsachen anzusehen scheinen und daher an ihrer Wirkung als eine Uebung der Denkkraft zweifeln. Aber alles, was ich Sie bisher gelehrt habe, ist das Ergebniss des Verstandes, jedoch auf der sichern Grundlage der Beobachtung und des Versuchs. Und in diesem Geiste werden wir unsere fernern Untersuchungen fortsetzen.

§. 6. Verdunstung des Meerwassers.

56. Sie wissen, dass in England die Sonne nie im Scheitelpunkte steht. Aber am Aequator und innerhalb gewisser Grenzen nördlich und südlich von ihm steht die Sonne zu gewissen Zeiten des Jahres am Mittag vollkommen im Scheitelpunkte. Diese Grenzen werden die Wendekreise des Stein-

bocks und des Krebses genannt. Auf den Gürtel, welcher zwischen diesen beiden Kreisen liegt, fallen die Sonnenstrahlen mit ihrer ganzen Macht; denn hier schiessen sie gerade herunter und erhitzen Erde und See mehr, als wenn sie schief auffallen.

57. Wenn die Sonnenstrahlen senkrecht auf das Land fallen, so erhitzen sie es sehr, und die Luft, welche in Berührung mit dem warmen Boden ist, wird ebenfalls erwärmt. Aber erwärmte Luft dehnt sich aus, und ausgedehnte wird leichter. Diese leichtere Luft steigt durch die schwerere Luft hindurch in die Höhe wie Holz, das in Wasser geworfen wird.

58. Wenn die Sonnenstrahlen auf das Meer fallen, wird das Wasser erwärmt, obgleich nicht in demselben Grade wie das Land. Das erwärmte Wasser dehnt sich aus, wird dadurch leichter und schwimmt daher auf der Oberfläche. Diese obere Schicht des Wassers erwärmt in einigem Umfang die Luft, mit welcher sie in Berührung steht, aber sie sendet auch eine Menge wässerigen Dampfes in die Höhe, welcher, leichter als die Luft, letzterer das Aufsteigen erleichtert. So haben wir sowol vom Land als vom Meer aufsteigende Ströme, welche durch die Thätigkeit der Sonne erzeugt werden.

59. Wenn sie eine gewisse Höhe in der Atmosphäre erreicht haben, theilen sich diese Ströme und gehen theils nach Norden, theils nach Süden, während von Norden und Süden ein Strom schwe-

rerer und kälterer Luft eintritt, um den Raum der aufgestiegenen warmen Luft auszufüllen.

60. Ununterbrochener Kreislauf ist auf diese Weise in der Atmosphäre hergestellt. Die Aequatorialluft und der Dampf fliessen oben gegen die Nord- und Südpole, während die Polarluft unten gegen den Aequator hin fliesst. Die beiden so entstandenen Ströme heissen die obern und untern Passatwinde.

61. Aber bevor die Luft von den Polen zurückkehrt, sind grosse Veränderungen mit ihr vorgegangen. Denn als die Luft die Aequatorialgegenden verliess, war sie mit Wasserdampf beladen, welcher in den kalten Polargegenden nicht bestehen konnte. Hier wurde er niedergeschlagen und fiel zuweilen als Regen oder häufiger als Schnee. Das Land in der Nähe des Pols ist mit diesem Schnee bedeckt, welcher weite Gletscher erzeugt; auf welche Art dies geschieht, wollen wir weiter unten erklären.

62. Es ist nöthig, dass Sie eine vollkommen klare Vorstellung von diesem Vorgang erhalten, denn es sind grosse Irrthümer begangen worden in Bezug auf die Art, in welcher die Gletscher mit der Sonnenwärme in Verbindung gebracht worden sind.

63. Man hat vermuthet, dass wenn die Sonnenwärme vermindert würde, grössere Gletscher als die jetzt bestehenden erzeugt werden könnten. Aber die Verminderung der Sonnenwärme würde unfehlbar die Menge des Wasserdampfes verringern

und dadurch die Gletscher an ihrer Quelle abschneiden. Ein kurzes Beispiel wird Ihnen dies vollständig klar machen.

64. In dem Vorgang des gewöhnlichen Destillirens wird die Flüssigkeit, welche destillirt werden soll, in dem einen Gefäss erwärmt und in Dampf verwandelt und in einem andern abgekühlt und wieder in Flüssigkeit zurückverwandelt. Was vorhin festgestellt wurde, zeigt klar, dass die Erde und ihre Atmosphäre einen grossen Destillationsapparat bilden, in welchem der Ocean in der Gegend des Aequators die Rolle des Kessels spielt und die Eisregionen der Pole die Rolle des Verdichters. In diesem Destillationsvorgang spielt die Wärme eine ebenso wichtige Rolle wie die Kälte, und bevor Bischof Heber von „Grönlands Eisbergen“ sprechen konnte, musste der tropische Theil des Oceans von der Sonne erwärmt werden. Wir werden über diese Frage später noch mehr zu sagen haben.

Erläuternde Versuche.

65. Ich habe gesagt, dass die Luft, wenn sie erwärmt wird, sich ausdehnt. Wenn Sie dies selbst untersuchen wollen, dann verfahren Sie folgendermassen. Nehmen Sie eine leere Flasche, verschliessen Sie dieselbe mit einem Kork; stecken Sie durch den Kork eine enge Glasröhre. Indem Sie die Röhre in einer Spirituslampe erhitzen,

können Sie dieselbe nach unten biegen, sodass, wenn die Flasche aufrecht steht, das offene Ende der engen Röhre in Wasser getaucht werden kann. Nun wenden Sie die Flamme Ihrer Spirituslampe gegen die Flasche. Die Flamme erwärmt das Glas, das Glas erwärmt die Luft; die Luft dehnt sich aus, wird durch die enge Röhre getrieben und entweicht durch einen Strom von Blasen aus dem Wasser.

66. Wäre die erwärmte Luft nicht eingeschlossen, dann würde sie in die schwerere kalte Luft emporsteigen. Lassen Sie einen Sonnenstrahl oder irgendeinen andern starken Lichtstrahl auf eine weisse Wand oder weissen Schirm in einem dunkeln Zimmer fallen. Bringen Sie ein erwärmtes Schüreisen, eine Kerze oder eine Gasflamme unterhalb des Strahls. Ein aufsteigender Strom geht von dem erhitzten Körper durch den Strahl und die Wirkung der Luft auf das Licht ist so stark, dass man das Kräuseln und Wehen des Stroms auf dem Schirm deutlich wahrnimmt. Wenn die Luft heiss genug und somit leicht genug ist, kann man sie in einen Papiersack einfangen und sie trägt den Sack in die Höhe; auf diese Weise haben Sie einen Feuerballon.

67. Falten Sie zwei Blatt Papier in zwei Kegel und hängen Sie dieselben an ihren geschlossenen Spitzen oben an das Ende einer feinen Wage. Sehen Sie zu, dass die Kegel einander im Gleichgewicht halten. Dann stellen Sie für einen Augen-

blick eine Spirituslampe unter die offene Seite des einen; die heisse Luft steigt von der Lampe in die Höhe und stösst augenblicklich den über ihr befindlichen Kegel nach oben.

68. Führen Sie in eine umgekehrte Lampenglocke von Glas ein wenig Rauch ein. Nachdem Sie die Luft haben zur Ruhe kommen lassen, legen Sie die Hand einfach an die Oeffnung der Glocke. Es entstehen hierdurch nachgeahmte Sturmwinde, welche von der durch die Hand erwärmten Luft hervor-gebracht werden und welche vollkommen sichtbar sind, wenn der Rauch durch ein helles Licht beleuchtet wird.

69. Die Erwärmung der tropischen Luft durch die Sonne geschieht mittelbar. Die Sonnenstrahlen haben nur sehr geringe Kraft, um die Luft, durch welche sie gehen, zu erwärmen; aber sie erwärmen das Land und den Ocean, und diese theilen ihre Wärme der sie umgebenden Luft mit. Die Luft und der Dampf steigen mit der auf diese Weise erlangten Wärme beladen in die Höhe.

§. 7. Tropischer Regen.

70. Aber lange bevor die Luft und der Dampf vom Aequator die Pole erreichen, hat Niederschlag stattgefunden. Ueberall, wo sich ein feuchter, warmer Wind mit einem kalten, trockenen vermischt, fällt Regen. In der That finden die schwersten Regen an solchen Orten statt, wo die

Sonne senkrecht über dem Scheitel steht. Wir wollen etwas genauer ihrem Ursprunge nachforschen.

71. Füllen Sie eine Blase ungefähr zu zwei Drittel mit Luft in der Höhe des Meeresspiegels und nehmen Sie dieselbe mit auf den Gipfel des Mont-Blanc. Während Sie hinaufsteigen, dehnt sich die Blase mehr und mehr aus; auf dem Gipfel des Bergs ist sie vollkommen ausgedehnt und hat augenscheinlich einem Drucke von innen zu widerstehen. Wenn Sie zur Höhe des Meeresspiegels zurückkehren, werden Sie finden, dass die Gespanntheit verschwindet, und die Blase zuletzt wieder so schlaff erscheint wie im Anfange.

72. Die Ursache davon ist klar. In der Höhe des Meeresspiegels hat die Luft innerhalb der Blase den Druck der ganzen Atmosphäre zu tragen und wird dadurch in einen verhältnissmässig engen Raum zusammengepresst. Indem Sie den Berg in die Höhe steigen, lassen Sie mehr und mehr von der Atmosphäre zurück; der Druck wird immer geringer, und vermöge ihrer Ausdehnungskraft schwillt die Luft in der Blase an in dem Grade, als sich der Druck verringert. Auf dem Gipfel des Bergs ist die Ausdehnung ganz ausreichend, um die Blase anzuspannen, weil der Druck innerhalb gegenwärtig grösser ist als der von aussen. Auch mit Hülfe einer Luftpumpe können wir die Ausdehnung eines Ballons, der zum Theil mit Luft gefüllt ist, zeigen, wenn der äussere Druck theilweise entfernt wird.

73. Aber weshalb verweile ich bei diesen Erörterungen? Einfach deshalb, um Ihnen klar zu machen, dass die unbegrenzte Luft, welche an der Erdoberfläche erwärmt wird und durch ihre Leichtigkeit aufsteigt, sich mehr und mehr ausdehnen muss, je höher sie in der Atmosphäre kommt.

74. Und nun muss ich Ihnen eine neue That-
sache vorführen, für deren Feststellung ich einige
Zeit gearbeitet habe. Es ist folgende: Die auf-
steigende Luft wird durch ihre Ausdehnung
abgekühlt. In der That ist diese Abkühlung eine
Quelle für die Kälte der höhern Luftregionen. Und
nun richten Sie Ihr Auge auf jene gemischten
Ströme von Luft und Wasserdampf, welche aus
dem warmen tropischen Ocean emporsteigen. Sie
gehen mit reichlich genug Wärme aus, um den
Dampf als Dampf zu bewahren; aber indem sie
aufsteigen, kommen sie schon in abgekühlte Re-
gionen und werden durch ihre eigene Ausdehnung
noch mehr abgekühlt. Die Folge hiervon kann
vorausgesehen werden. Die Dampf-ladung wird zum
grossen Theil niedergeschlagen, dichte Wolken bil-
den sich, ihre Theilchen vereinigen sich zu Regen-
tropfen, welche täglich in so dichten Güssen fallen,
dass das Wort „strömend“ gebraucht wird, um die
Reichlichkeit des Regensfalls zu bezeichnen. Ich
könnte Ihnen diese Abkühlung, welche durch die
Ausdehnung entsteht, zeigen und auch den darauf-
folgenden Niederschlag als Wolken.

75. Auf diese Weise ist, lange bevor die Luft des Aequators die Pole erreicht, ein grosser Theil des Dampfes aus ihr entfernt, indem er als Regen auf die Erde wieder herniedergekommen ist. Dennoch wird ein guter Theil des Dampfes weiter befördert, welcher in nördlichen und südlichen Ländern Hagel, Regen und Schnee liefert.

Erläuternde Versuche.

76. Ich habe gesagt, dass die Luft bei ihrer Ausdehnung abgekühlt wird. Sie können dies auf folgende Art beweisen. In einen eisernen Kasten, welcher mit einem Hahn versehen ist, können Sie vermittels einer dichten Spritze, welche an den Hahn geschraubt ist, Luft hineinpresse. Thun Sie das so lange, bis die Dichtigkeit der Luft im Kasten verdoppelt oder verdreifacht ist. Unmittelbar nach dieser Verdichtung ist der Kasten sowol als auch die Luft in derselben warm, was durch einen geeigneten Thermometer bewiesen werden kann. Drehen Sie den Hahn um und gestatten Sie der zusammengepressten Luft in die Atmosphäre zu strömen. Wenn Sie den Strom an einem Thermometer vorbeistreichen lassen, wird letzterer sichtbar abgekühlt, und mit andern Instrumenten kann man die Abkühlung noch deutlicher machen. Selbst mit der Hand fühlt man die Abkühlung der sich ausdehnenden Luft.

77. Werfen Sie ein starkes Licht, z. B. einen

concentrirten Sonnenstrahl in den herauskommen- den Strom; wenn die zusammengepresste Luft gewöhnliche feuchte Luft ist, so sehen Sie, wie eine kleine Wolke sich niederschlägt, welche durch die Abkühlung, die die Ausdehnung begleitet, entstanden ist. Diese Wolkenbildung kann jedoch noch besser auf folgende Art dargestellt werden:

78. Lassen Sie in ein dunkles Zimmer einen starken Lichtstrahl durch eine drei Fuss lange und drei Zoll breite Glasröhre fallen, welche an ihren Enden durch Glasplatten geschlossen ist. Verbinden Sie die Röhre durch einen Hahn mit einem Gefäss, das ungefähr ein Viertel so viel Raum wie die Röhre hat und aus welchem die Luft vermittels einer Luftpumpe entfernt worden ist. Der Cylinder der Luftpumpe selbst eignet sich hierzu vortrefflich. Füllen Sie die Glasröhre mit feuchter Luft; dann drehen Sie einfach den Hahn, welcher sie mit dem entleerten Gefäss in Verbindung setzt. Durch den grössern Raum dehnt sich die Luft aus, Kälte begleitet die Ausdehnung, und als eine Folge davon wird die Röhre unmittelbar mit einer dichten und glänzenden Wolke angefüllt. Wenn Sie den Versuch für sich allein machen, so können Sie die Wolke bei gewöhnlichem Tageslicht sehen; es ist bekannt, dass in der That die plötzliche Entleerung irgendeines mit feuchter Luft angefüllten Behälters eine solche Verdichtung hervorbringt.

79. Auch andere Dämpfe als solche aus Wasser können auf diese Art niedergeschlagen werden;

einige von ihnen bilden Wolken von ausserordentlichem Glanz und in Regenbogenfarben spielend, wie man sie zuweilen, aber nicht häufig, über den Alpen schweben sieht.

80. In der Wissenschaft ist das, was für Kleines wahr ist, auch für Grosses wahr. Indem wir auf diese Art die Bedingungen, welche wir in grossem Massstab in der Natur beobachtet haben, in Verbindung bringen, erhalten wir in kleinem Massstab die Erscheinungen der atmosphärischen Luft.

§. 8. Die Gebirge als Verdichter.

81. Um unsere Betrachtungen über den Vorgang des atmosphärischen Niederschlags zu vervollständigen, müssen wir die Thätigkeit der Gebirge mit in Betracht ziehen. Stellen Sie sich einen Südwestwind vor, welcher über den Atlantischen Ocean nach Irland bläst. Auf seinem Wege beladet er sich mit Wasserdampf. Im Süden von Irland stösst er auf die Berge von Kerry; der höchste von diesen ist Magillicuddy's Reeks in der Nähe von Killarney. Die niedrigste Schicht dieses atlantischen Windes ist diejenige, welche am meisten Dampf enthält. Wenn nun der Wind den Fuss der Kerry Mountains erreicht, wird er umgekippt und fliesst in inniger Berührung über sie fort. Hierdurch wird seine Ladung Dampf in die Höhe befördert, auf der Höhe angekommen, dehnt er sich aus, infolge der Ausdehnung wird er abgekühlt und kommt

in reichlichen Regenschauern hernieder. Daher kommt in der That die üppige Vegetation von Killarney; und diesem Umstande verdanken die dortigen Seen ihren Wasserreichthum. Die kalten Bergkämme tragen gleichfalls zum Vorgange der Verdichtung bei.

82. Betrachten wir nun die Folgen hiervon. Im Südwesten des Berges Magillicuddy's Reeks liegt eine Stadt, Namens Cahirciveen, in welcher Beobachtungen über den Regenfall gemacht worden sind, und ein gutes Stück weiter nach Nordosten, gerade auf dem Wege des Südwestwindes, liegt eine andere Stadt, Namens Portarlinton, in welcher ebenfalls Beobachtungen über den Regenfall gemacht worden sind. Aber bevor der Wind die letztere Station erreicht, ist er über die Berge von Kerry gegangen und hat einen grossen Theil der Feuchtigkeit zurückgelassen. Was ist die Folge davon? In Cahirciveen beträgt der Regenfall, wie Dr. Lloyd gezeigt hat, 59 Zoll im Jahre, während er in Portarlinton nur 21 Zoll im Jahre beträgt.

83. Ferner gibt es Zeiten, wo man von den Alpen bei schwerem, unaufhörlichem Regen und Schneefall nach Italien heruntersteigt und den Himmel über der lombardischen Tiefebene blau und wolkenlos findet, während der Wind zu gleicher Zeit über die Ebene gegen die Alpen weht. Unten ist der Wind warm genug, um seinen Dampf in vollkommen durchsichtigem Zustande zu erhalten; aber er trifft auf die Berge, wird umgestülpt, dehnt

sich aus und kühlt sich ab. Die Kälte der höhern Gipfel trägt zur Abkühlung bei. Die Folge hiervon ist, dass der Dampf als Regen und Schnee sich niederschlägt, hierdurch auf den Höhen schlechtes Wetter hervorbringt, während die Ebene unten, über welcher dieselbe Luft schwebt, den Anblick der unbewölkten Sommersonne geniesst. Wolken, welche von den Alpen kommen, werden auch zuweilen über der lombardischen Ebene aufgelöst.

84. In Verbindung mit der Wolkenbildung durch Berge mag hier eine besonders lehrreiche Wirkung angeführt werden. Sie sehen häufig eine viele hundert Ellen lange, fahnenähnliche Wolke von einer Alpenspitze ausgehen. Ihr Stand scheint sich vollkommen gleich zu bleiben, obgleich ein starker Wind zu gleicher Zeit über den Berggipfel weht. Weshalb wird die Wolke nicht fortgeblasen? Sie wird weggeweht; ihr Beharren ist nur scheinbar. An dem einen Ende wird sie fortwährend aufgelöst, am andern Ende fortwährend neu gebildet. Zufuhr und Verbrauch sind dergestalt ausgeglichen, dass die Wolke ebenso unveränderlich erscheint wie der Berg, an welchem sie zu kleben scheint. Wenn die rothe Abendsonne auf diese Wolkenfahnen scheint, gleichen sie grossen Fackeln, deren Flammen durch die Luft wehen.

§. 9. Gefüge des Schnees.

85. Wir gleichen jetzt den Leuten, welche einen schweren Gipfel erstiegen und das Vergnügen einer weiten Aussicht genossen haben. Nachdem wir uns die nothwendigen Bedingungen zur Herstellung des Bergschnees klar gemacht haben, sind wir fähig, eine verständige und einsichtsvolle Ansicht von den Erscheinungen zu gewinnen, welche die Gletscher darbieten.

86. Wenige Worte sind jedoch noch nöthig in Bezug auf die Bildung des Schnees. Die Moleculen und Atome aller Substanzen setzen sich bei freiem Spielraum in bestimmten und zum grössten Theil schönen Formen, Krystalle genannt, zusammen. Eisen, Kupfer, Gold, Silber, Blei, Schwefel zeigen beim Schmelzen und allmählichen Abkühlen diese krystallisirende Kraft. Das Metall Wismuth zeigt sie in besonders auffallender Weise, und wenn es richtig geschmolzen und verdichtet wird, bilden sich von selbst Krystalle von grossem Umfang und grosser Schönheit aus diesem Metalle.

87. Wenn Sie Salpeter in Wasser auflösen und die Lösung langsam verdunsten lassen, so können Sie grosse Krystalle erlangen, denn kein Theil des Salzes wird in Dampf verwandelt. Das Wasser unserer Atmosphäre ist ungesalzen, trotzdem es dem Seewasser entnommen ist. Zucker in Wasser aufgelöst, das man verdunsten lässt, liefert Krystalle von Zuckercandis. Alaun krystallisirt auf dieselbe

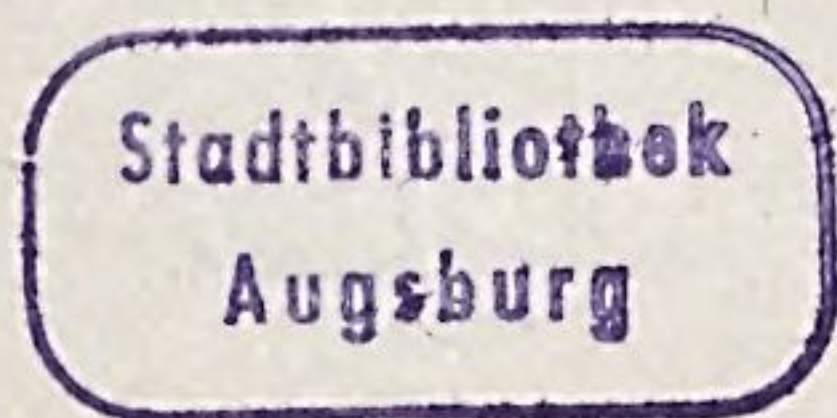
Art. Aufgelöste Kieselsteine, wie sie zuweilen in der Natur vorkommen, denen man gestattet zu krystallisiren, ergeben Prismen und Pyramiden von Bergkrystall. Aufgelöster und krystallisirter Kalk liefert isländischen Spat. Der Diamant ist krystallisirte Kohle. Alle unsere werthvollen Steine, der Rubin, Saphir, Beryll, Topas, Smaragd sind Beispiele für diese Krystallisationsfähigkeit.

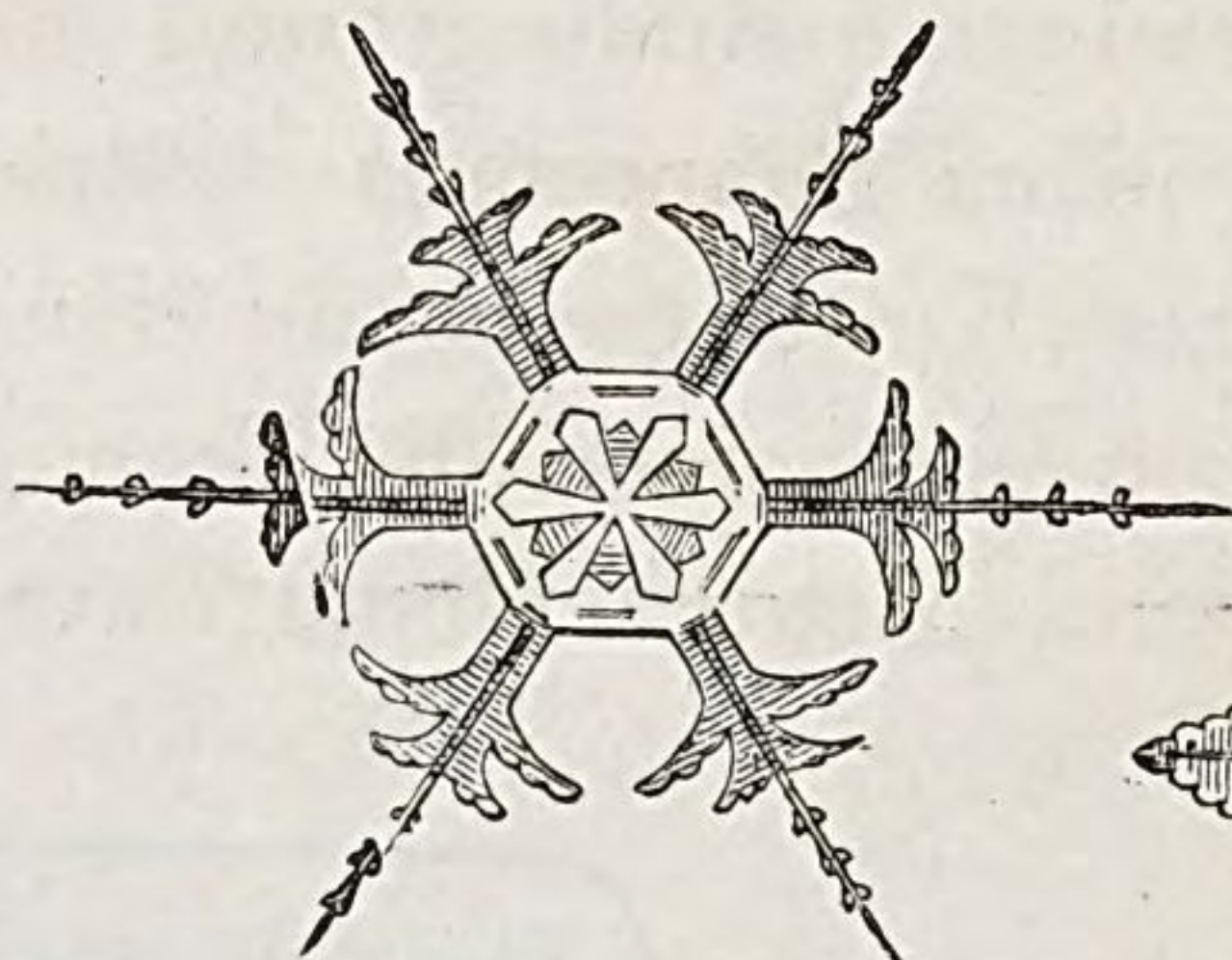
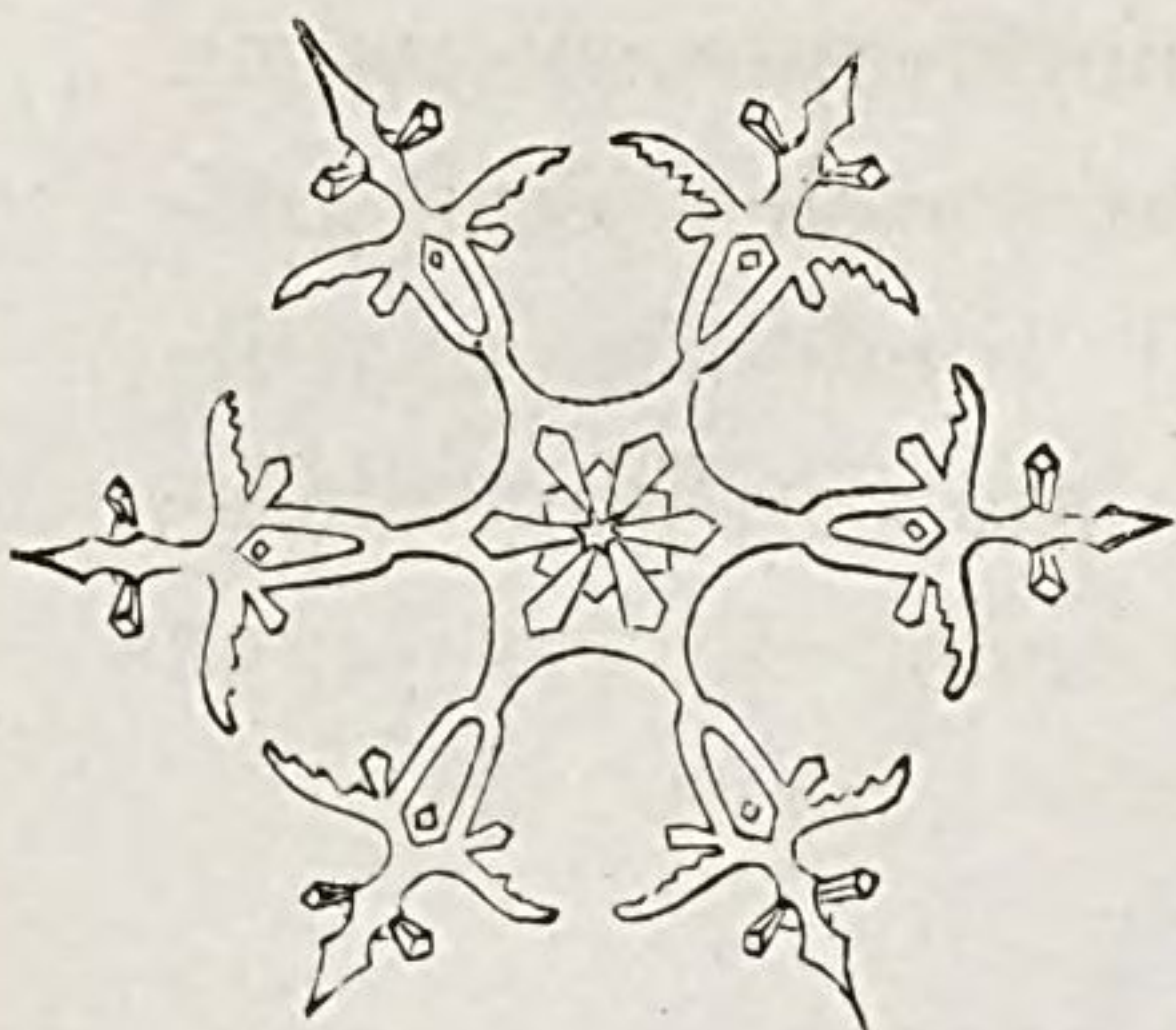
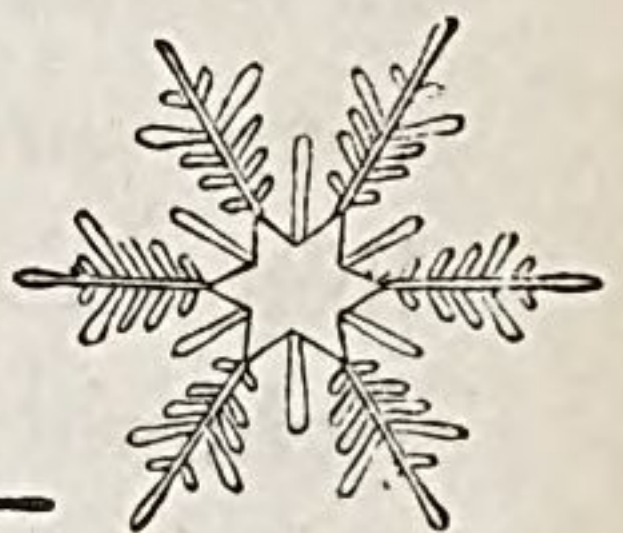
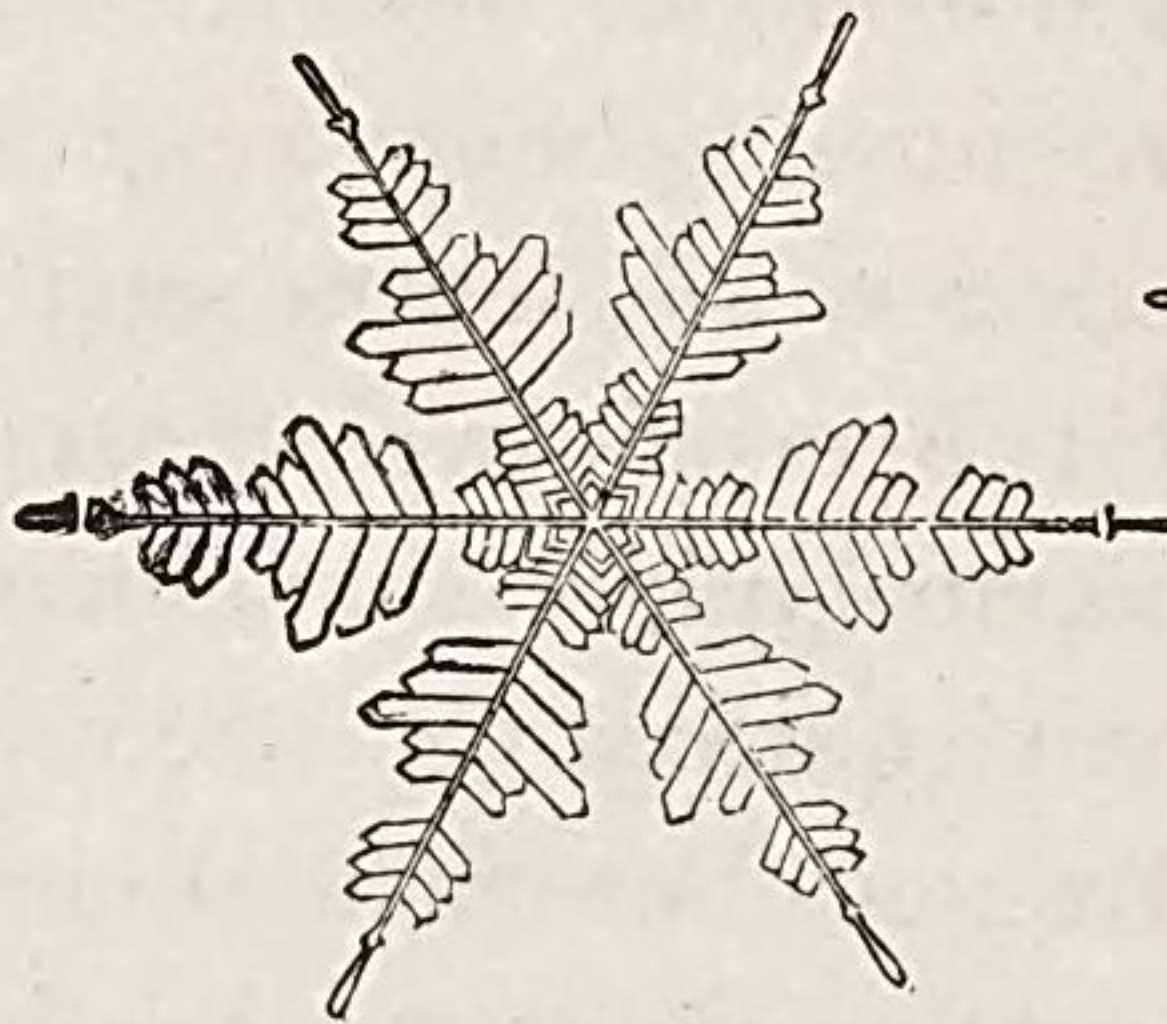
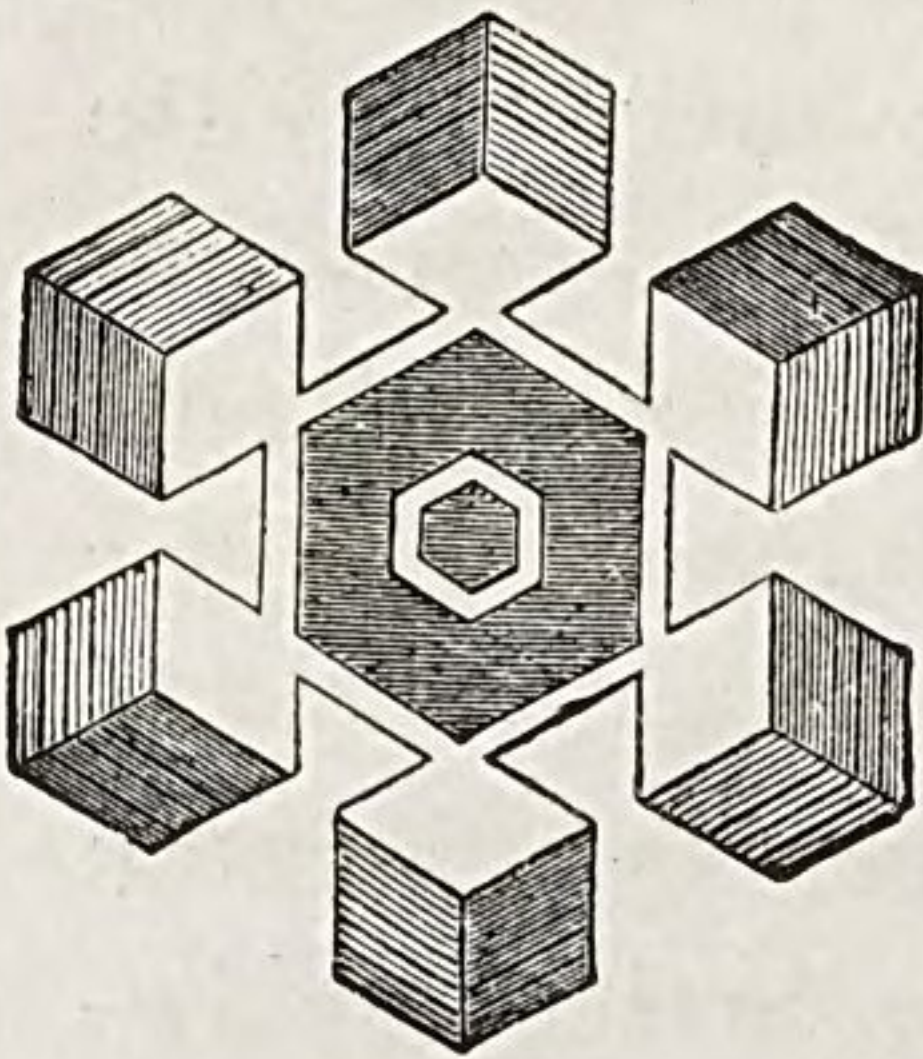
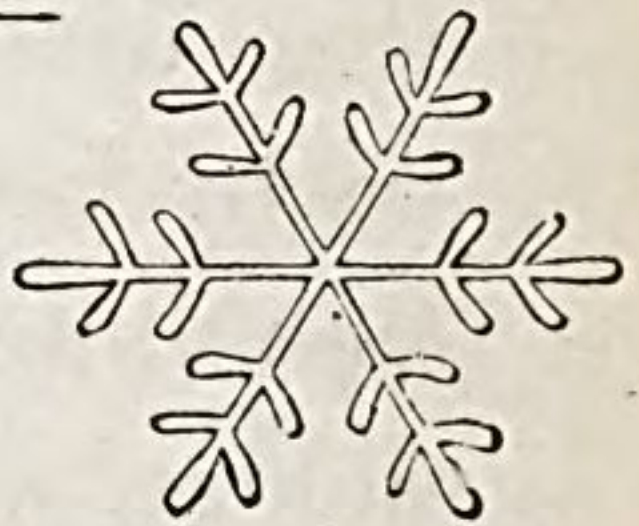
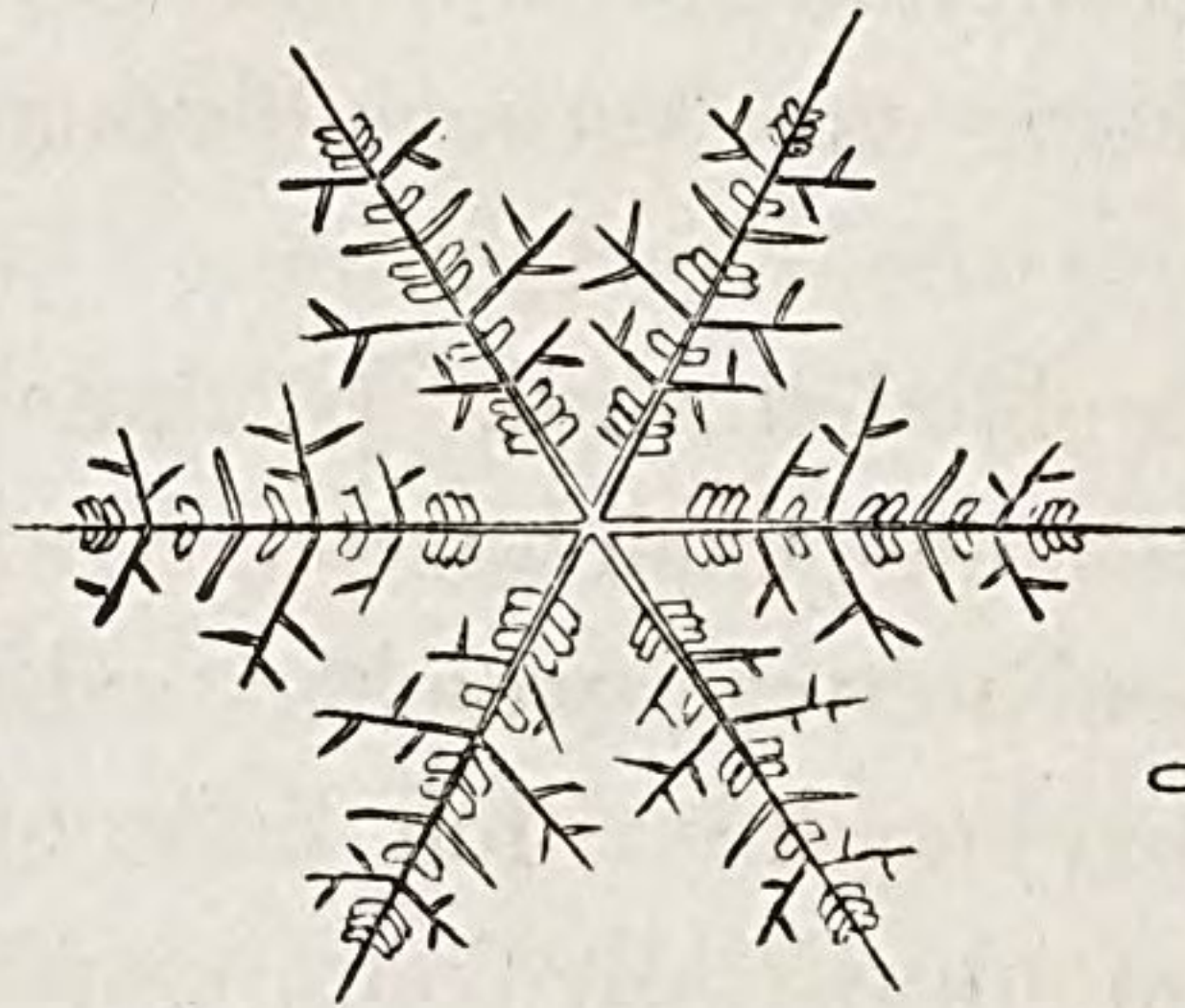
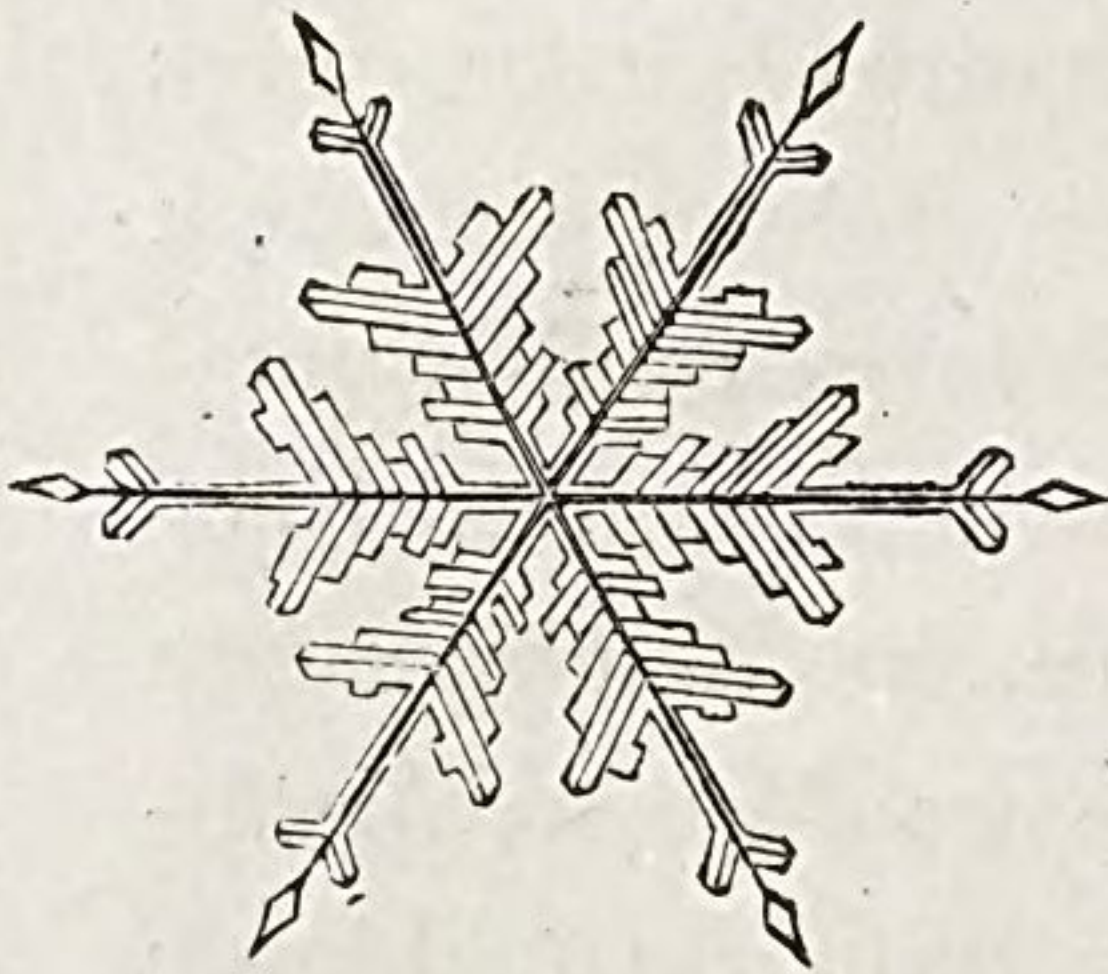
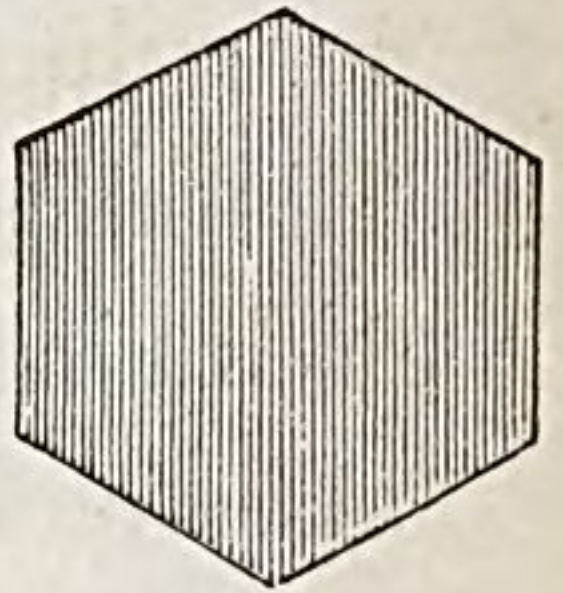
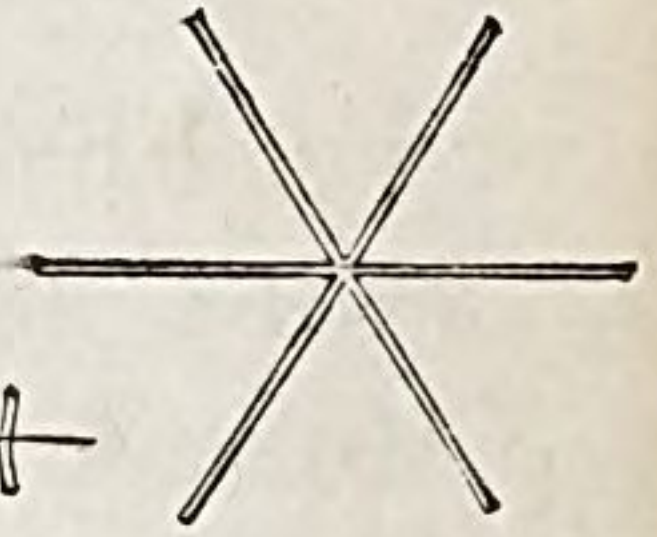
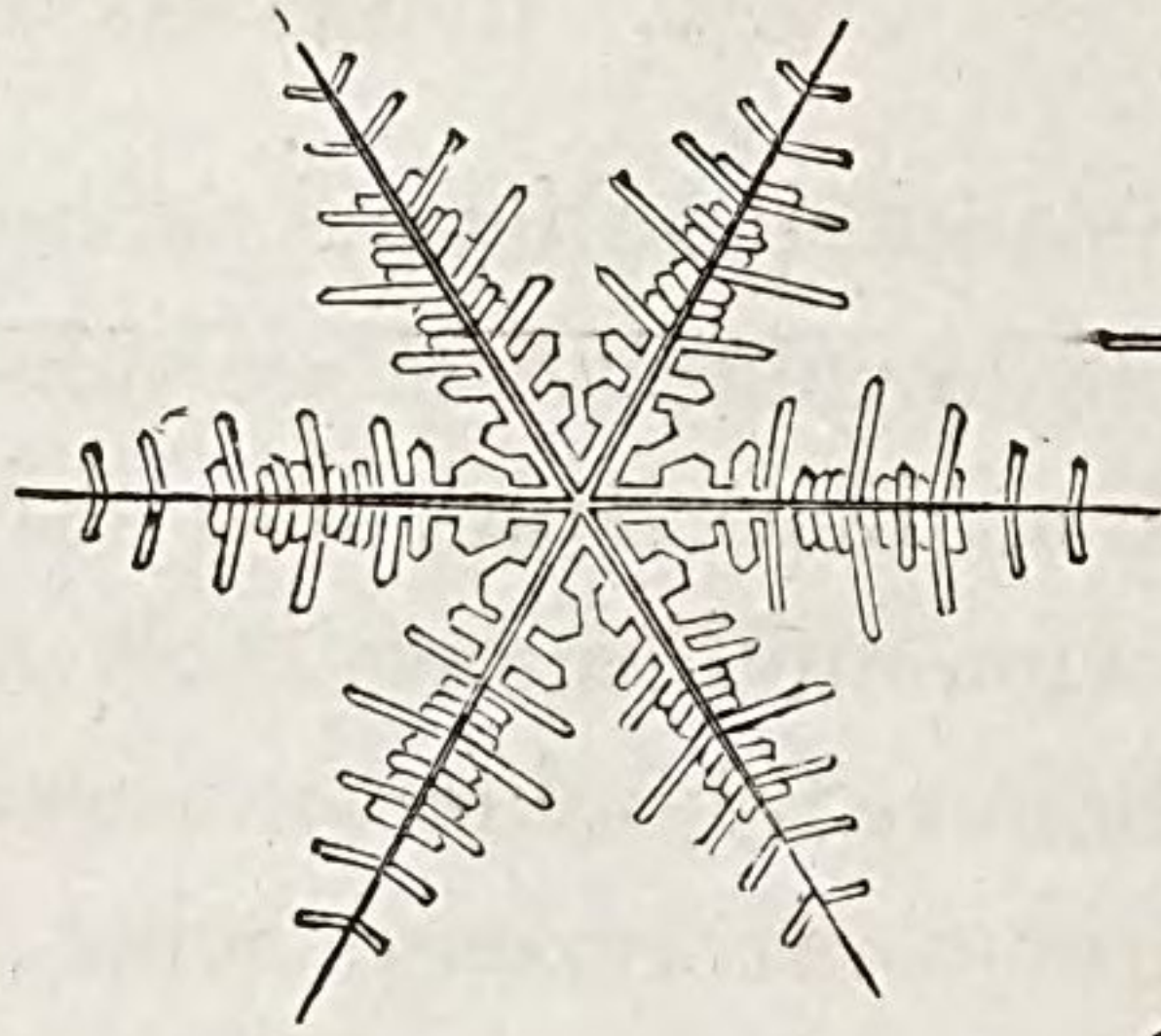
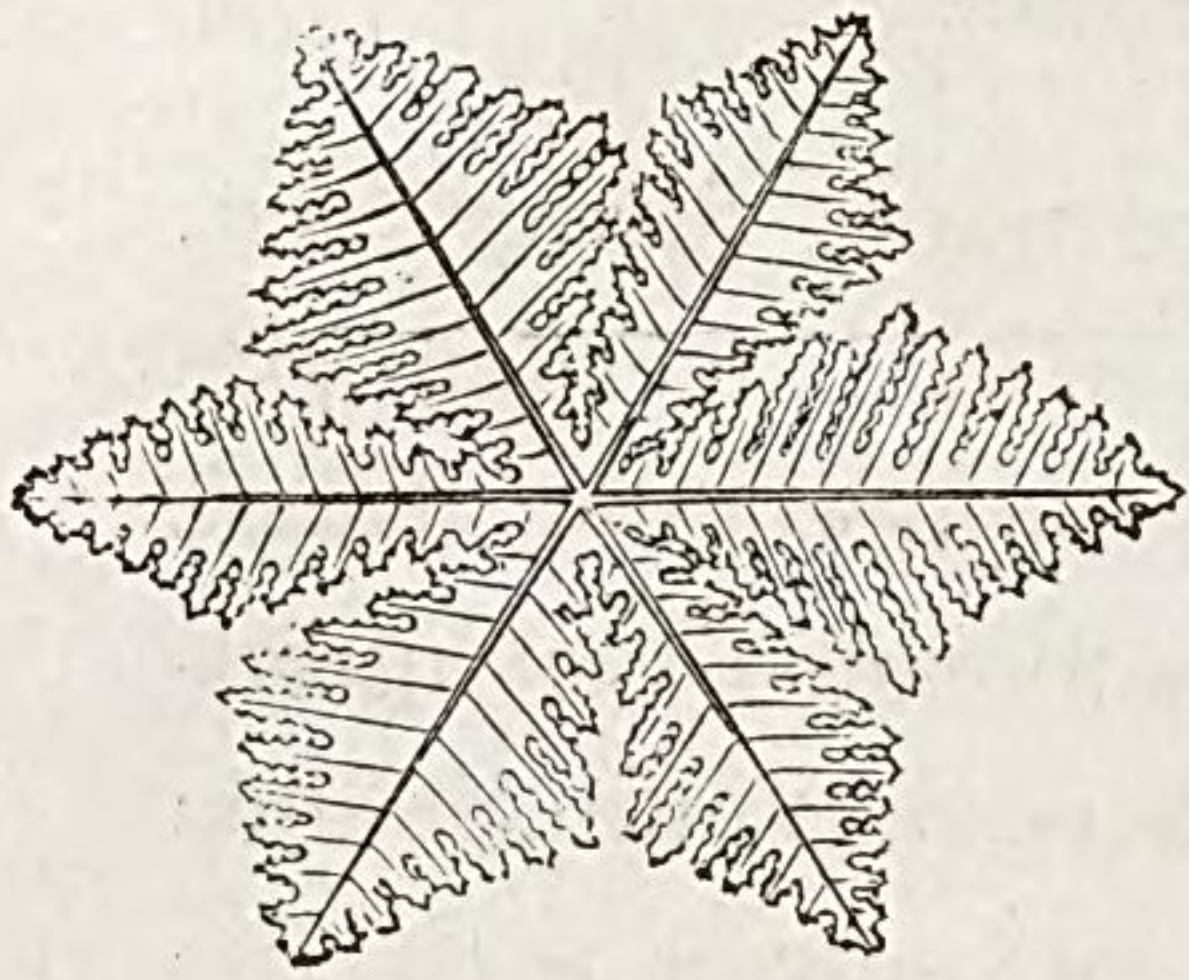
88. Sie haben von der Schwerkraft gehört und wissen, dass sie in der Anziehung jedes Stofftheilchens auf jedes andere Theilchen besteht. Sie wissen, dass die Planeten und Monde durch diese Anziehungskraft in ihren Bahnen gehalten werden. Die Schwerkraft ist aber nur eine sehr einfache Sache im Vergleich zu der Kraft, oder besser zu den Kräften der Krystallisation. Denn hier zeigen sich die unendlich kleinen Theile der Materie, so unbegreiflich klein wie sie sind, im Besitz von anziehenden und abstossenden Polen, durch deren wechselseitige Thätigkeit der Bau und die Form des Krystalls bestimmt werden. In dem festen Zustand sind die sich anziehenden Pole fest aneinandergeschlossen; aber bei genügend angewandter Wärme wird das Vereinigungsband gelöst, und in dem Zustande des Schmelzens werden die Pole so weit auseinandergetrieben, dass einer aus dem Wirkungsbereich des andern kommt. Die natürliche Neigung der Moleculen, sich aneinanderzuheften, wird auf diese Art aufgehoben.

89. Dies ist der Fall mit Wasser, welches als

eine Flüssigkeit, allem Anschein nach, formlos ist. Wenn es genügend abgekühlt wird, werden die Moleculen dem Spiel der krystallisirenden Kraft unterworfen und reihen sich zu Formen von unbeschreiblicher Schönheit zusammen. Wenn Schnee in ruhiger Luft erzeugt wird, so setzen sich die Eistheilchen zu schöner Sternenform zusammen; jedes Sternchen hat sechs Zacken. Es gibt keine Abweichung von diesem Typus, obwol in anderer Beziehung die Erscheinungen der Schneesternchen sehr verschieden sind. In den Polargegenden wurden diese ausgezeichneten Formen von Dr. Scoresby beobachtet, welcher zahlreiche Zeichnungen von ihnen machte. Ich habe sie im Winter beobachtet, wenn sie die Luft erfüllt und die Abhänge der Alpen bedeckt hatten. Aber in England kann man sie auch sehen, und keine meiner Worte können einen so lebendigen Eindruck von ihrer Schönheit hervorbringen, als es die beigefügten Zeichnungen einiger derselben von Herrn Glaisher in Greenwich thun (S. 38).

90. Es verlohnt sich einen Augenblick halt zu machen und darüber nachzudenken, welch ein bewundernswürdiges Werk sich in der Atmosphäre während der Bildung und dem Herunterkommen eines jeden Schneefalls vollzieht; welch eine aufbauende Kraft treibt ihr Spiel, und wie unvollkommen erscheinen die Erzeugnisse von Menschengeist und Menschenhand, wenn man sie mit jenen





Schneekrystalle.

vergleicht, welche durch die blinden Kräfte der Natur gebildet werden!

91. Aber wer wagt es, die Kräfte der Natur blind zu nennen? In der That, wenn wir dies sagen, beschreiben wir unsern eigenen Zustand. Die Blindheit ist auf unserer Seite, und was wir wirklich sagen und gestehen sollten, ist, dass unsere Kräfte vollkommen unfähig sind, weder den Ursprung noch das Ende der Naturvorgänge zu verstehen.

92. Aber indem wir so unsere Grenzen anerkennen, haben wir auch Grund, den Umfang zu bewundern, in welchem die Wissenschaft das System der Natur bewältigt hat. Von Zeitalter zu Zeitalter, von Geschlecht zu Geschlecht ist eine That-
sache an die andere, ein Gesetz an das andere gefügt worden, und hierdurch der wahre Plan und die Ordnung des Weltalls mehr und mehr enthüllt worden. Indem sie dies that, ist die Wissenschaft vielerlei Arten von Vorurtheil und Ränken, Leichtgläubigkeit und Betrugereien begegnet und musste sie bewältigen. Aber die Welt erzeugt fortwährend schwache Menschen und böse Menschen, und solange als diese nebeneinander fortleben werden, wie sie es heutigentags thun, solange werden auch verderbliche Meinungen fortfahren, die Welt zu belästigen.

§. 10. Atomische Pole.

93. Was habe ich damit gemeint, wenn ich vorhin von „anziehenden und abstossenden Polen“ sprach? Ich will versuchen, diese Frage zu beantworten. Sie wissen, dass die Geographen und Astronomen von den Polen der Erde sprechen, und Sie haben auch von den magnetischen Polen gehört, und Sie wissen, dass die Pole eines Magnets diejenigen Punkte des Magnets sind, an welchen die Anziehung, beziehlich die Abstossung sich vereinigt zeigt.

94. Jeder Magnet besitzt zwei solcher Pole; und wenn Eisenfeilspäne auf einen Magnet gestreut werden, so erhält jedes Theilchen der Späne dadurch gleichfalls zwei Pole. Nehmen wir an, solche Theilchen würden ihrer Schwere beraubt und flögen in unserer Atmosphäre umher, was müsste geschehen, wenn sie sich einander nähern? Offenbar würden die sich abstossenden Pole einander fliehen, und die sich anziehenden Pole sich nähern und sich zuletzt aneinanderschliessen. Und nehmen wir an, die Theilchen hätten statt eines einzigen Paares mehrere Paare solcher Pole, welche an bestimmten Punkten ihrer Oberfläche angebracht sind, so können Sie sich vorstellen, dass sie sich infolge ihrer gegenseitigen Anziehung und Abstossung zusammenordnen und Massen von bestimmter Form und bestimmtem Bau bilden werden.

95. Stellen Sie sich vor, die Moleculen des Was-

sers in ruhiger kalter Luft seien mit Polen dieser Art versehen, welche die Theilchen nöthigen, sich in einer bestimmten Ordnung aneinanderzulegen, so haben Sie vor Ihrem geistigen Auge den unsichtbaren Aufbau, welcher zuletzt die sichtbaren und schönen Schneekrystalle erzeugt. Unsere ersten Begriffe und Vorstellungen haben wir durch die sichtbaren Wirkungen des Magnetismus erlangt; und wir haben dann unsere Begriffe und Vorstellungen auf Theilchen übertragen, welche nie ein Auge gesehen hat. Die Kraft, durch welche wir uns auf diese Weise Wirkungen vorstellen, welche ausser dem Bereich der Sinne liegen, nennen die Philosophen Einbildungskraft, und das Streben des Geistes, den unsichtbaren Aufbau der Krystalle zu erfassen, ist ein Beispiel für die wissenschaftliche Anwendung dieser Fähigkeit. Ohne Einbildungskraft würden wir wol Kritik üben, aber die Wissenschaft nicht schöpferisch weiterbilden können.

§. 11. Bau des Eises auf Landseen.

96. Wir haben uns auf diese Weise mit den schönen, sich aus den Moleculen des Wassers bei ruhiger kalter Luft bildenden Schneebäumen bekannt gemacht. Zeigen die Moleculen diese aufbauende Kraft auch, wenn gewöhnliches Wasser gefriert? Wie ist z. B. der Bau des Eises, auf welchem wir im Winter Schlittschuh laufen? Ganz ebenso wunderbar wie die Schneebäume. Die Beobachtung,

dass bei langsam gefrierendem Wasser sechseckige Eissterne sich bilden und frei auf der Oberfläche schwimmen, ist selten, vielleicht noch gar nicht gemacht worden; doch habe ich es mehrmals gesehen. Diese Form des sechseckigen Sterns ist übrigens typisch für den Bau des Eises auf Landseen. Dieses setzt sich durch wunderbare Verschlingung solcher Formen zusammen.

97. Nehmen Sie eine Platte festen Eises und bringen Sie dieselbe in den Weg eines concentrirten Sonnenstrahls. Beobachten Sie den Gang des Strahls durch das Eis. Ein Theil des Strahls wird aufgehalten, und ein Theil geht hindurch; der erstere erzeugt inneres Schmelzen, der zweite hat keinen Einfluss auf das Eis. Aber das Schmelzen findet nicht gleichmässig statt. An verschiedenen Stellen des Eises sieht man kleine leuchtende Punkte funkeln. Jeder dieser Punkte ist von einer schönen flüssigen Blume mit sechs Blättern umgeben.

98. Eis und Wasser sind sich im Aussehen so ähnlich, dass, wenn das Licht nicht geeignet auf diese Blumen fällt, Sie dieselben nicht sehen können. Aber was ist der in der Mitte liegende Punkt? Ein leerer Raum. Eis schwimmt auf Wasser, weil es bei gleichem Rauminhalt leichter ist als Wasser; hieraus folgt, dass wenn Eis schmilzt, es an Umfang abnimmt. Können daher die geschmolzenen Blumen den ganzen Raum des geschmolzenen Eises einnehmen? Offenbar nein. Es bildet sich ein kleiner leerer Raum zugleich mit

den Blumen, und dieser Raum oder vielmehr seine Oberfläche glitzert in der Sonne mit dem Glanz von polirtem Silber.

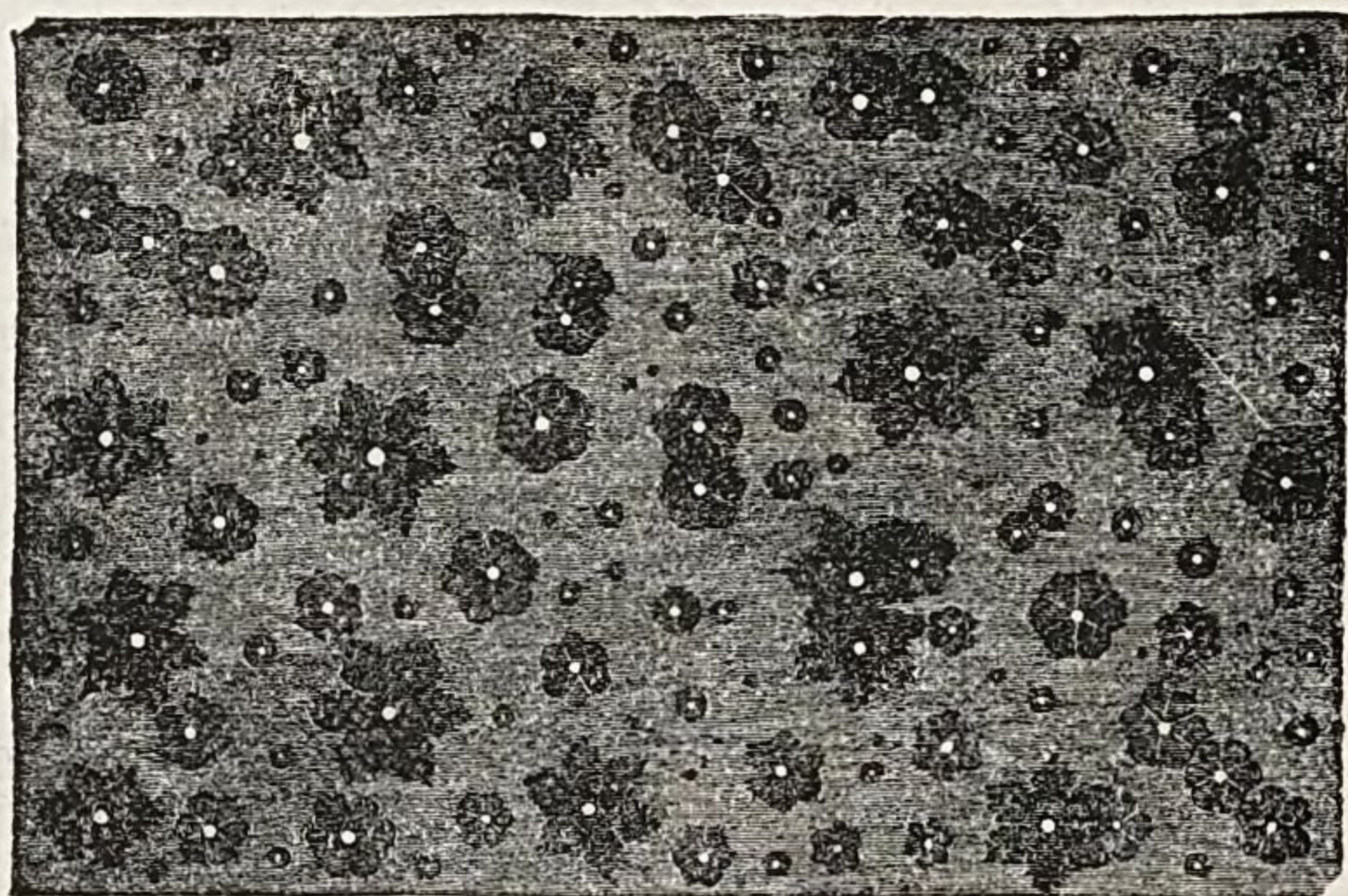
99. In allen Fällen bilden sich die Blumen in paralleler Richtung zur Oberfläche des Gefrierens. Sie werden bei Sonnenschein auf dem Eis jedes Sees gebildet; zuweilen in ungeheurer Anzahl und so klein, dass man sie nur durch ein Vergrößerungsglas sehen kann. Sie sind immer zu erzielen, aber ihre Schönheit wird oft durch innere Mängel des Eises verdorben. Selbst ein Theil des nämlichen Stückes Eis kann sie vorzüglich zeigen, während ein anderer Theil sie unvollkommen zeigt.

100. Es folgt hierbei eine sehr unvollkommene Zeichnung dieser schönen Figuren (S. 44).

101. Hier haben wir ein Gegenstück zum Vorgange der Krystallisation. Der eindringende Sonnenstrahl ist fein genug, um die Moleculen zu verschieben, ohne die Anordnung ihres Baues zu stören. Machen Sie diesen Versuch für sich mit einer Taschenlinse an einem sonnigen Tage. Sie werden die Blumen nicht in Unordnung finden; sie liegen alle gleichlaufend mit der Oberfläche des Gefrierens. Auf diese ausgezeichnete Art ist jedes Stück Eis, über welches unsere Schlittschuhläufer im Winter gleiten, zusammengesetzt.

102. Ich sagte im Satz 97, dass ein Theil des Sonnenstrahls vom Eise aufgehalten wird und dasselbe schmilzt. Welcher Theil ist das? Die dunkle Wärme der Sonne.

Der grösste Theil der Lichtwellen und selbst ein Theil der dunkeln Wellen gehen durch das Eis, ohne etwas von ihrer erwärmenden Kraft zu verlieren. Wenn sie auf geeignete Weise auf brennbaren Körpern vereinigt werden, offenbart sich ihre verbrennende Kraft, selbst nachdem sie durch das Eis gegangen sind.



Flüssige Blumen in See-Eis.

103. Und das Eis selbst kann dazu gebraucht werden, um sie zu vereinigen. Mit einer Eislinse hat Dr. Scoresby oft in den Polargegenden die Sonnenstrahlen vereinigt, um durch sie Holz in Brand zu setzen, Schiesspulver abzubrennen und Blei zu schmelzen; dies beweist, dass die Strahlen ihre wärmende Kraft beibehalten, selbst nachdem sie durch eine so kalte Substanz gegangen sind.

104. Wenn wir die Strahlen einer elektrischen Lampe parallel machen und sie dann durch eine Eislinse fallen lassen, so erhalten wir dieselben

Wirkungen, wie sie Dr. Scoresby durch die Sonnenstrahlen erlangte.

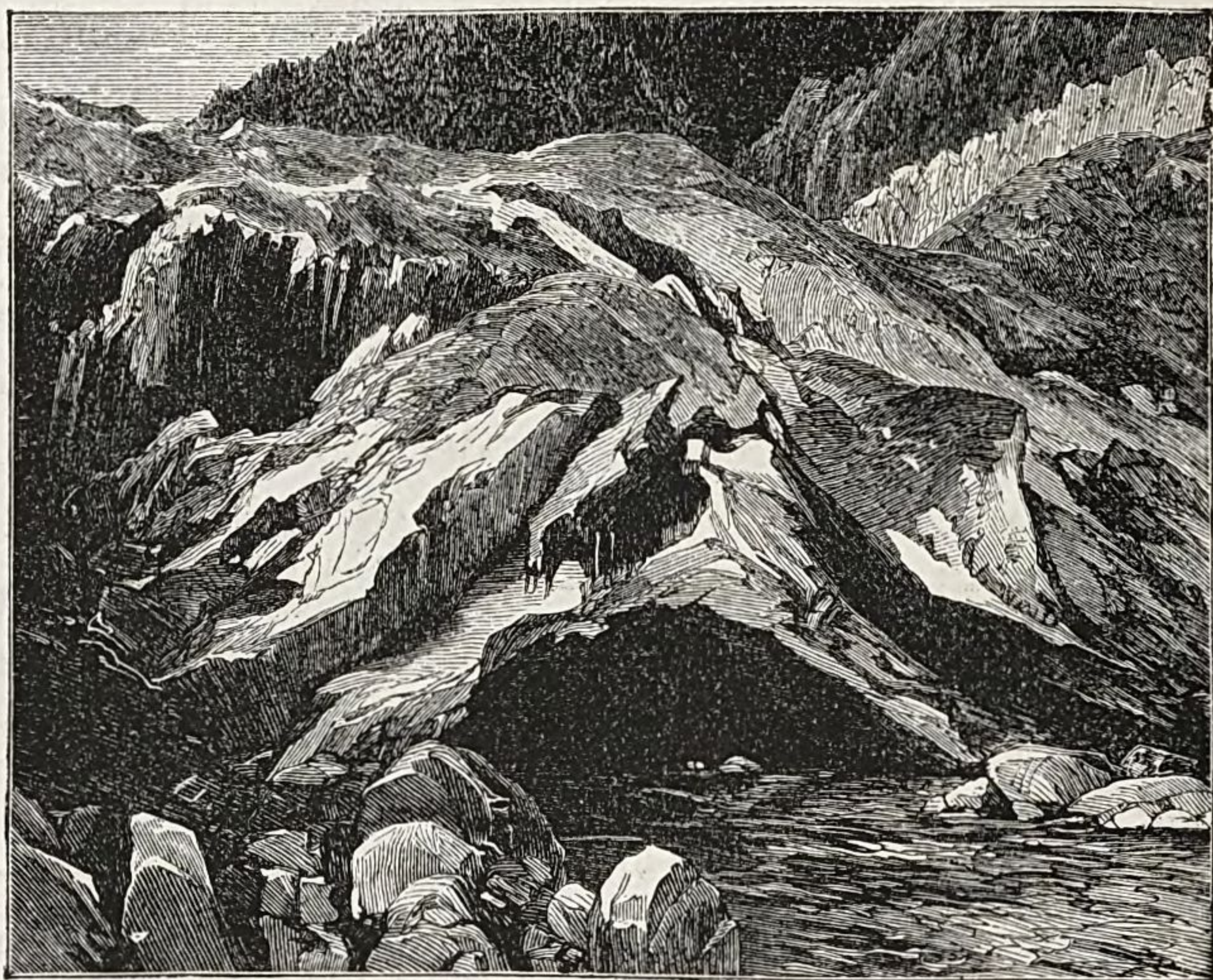
§. 12. Die Quelle des Arveiron. Eisspitzen, Thürme und Klüfte des Gletschers des Bois. Weg auf den Montanvert.

105. Unsere Vorstudien sind für jetzt beendet, und so wollen wir uns, auf die Weise unterrichtet, den Alpen nähern. Durch das Dorf Chamouni in Savoyen rauscht ein Fluss Namens Arve. Lassen Sie uns diesen Fluss rückwärts von Chamouni verfolgen. In einer kleinen Entfernung hinter dem Dorfe theilt sich der Fluss; der eine Arm heisst weiter die Arve, der andere wird Arveiron genannt. Indem wir dem letztern folgen, kommen wir zu der sogenannten „Quelle des Arveiron“ in einer kleinen Stunde Wegs von Chamouni. Hier sind wir, wie schon bei Gelegenheit der Rhône berichtet wurde, einer ungeheuern Eismasse gegenüber, dem Ende eines Gletschers, und aus einem Gewölbe im Eis entspringt der Arveiron. Man kann dem Bogen im Sommer nicht trauen. Sein Dach fällt von Zeit zu Zeit mit einem schrecklichen Krach zusammen und würde unfehlbar jeden zermalmen, auf den es fiel.

106. Wir müssen jetzt aufpassen. Wenn wir uns umschauen, finden wir vor dem Eise merkwürdige Haufen und Streifen von Geröll, welche mehr oder weniger kreisförmig angeordnet sind.

Dies sind die letzten Moränen des Gletschers. Wir wollen sie später untersuchen.

107. Wir wenden uns jetzt nach links und steigen den Abhang neben dem Gletscher in die Höhe. Indem wir steigen, gewinnen wir eine bessere Ansicht und sehen, dass das Eis hier ein enges Thal



Quelle des Arveiron.

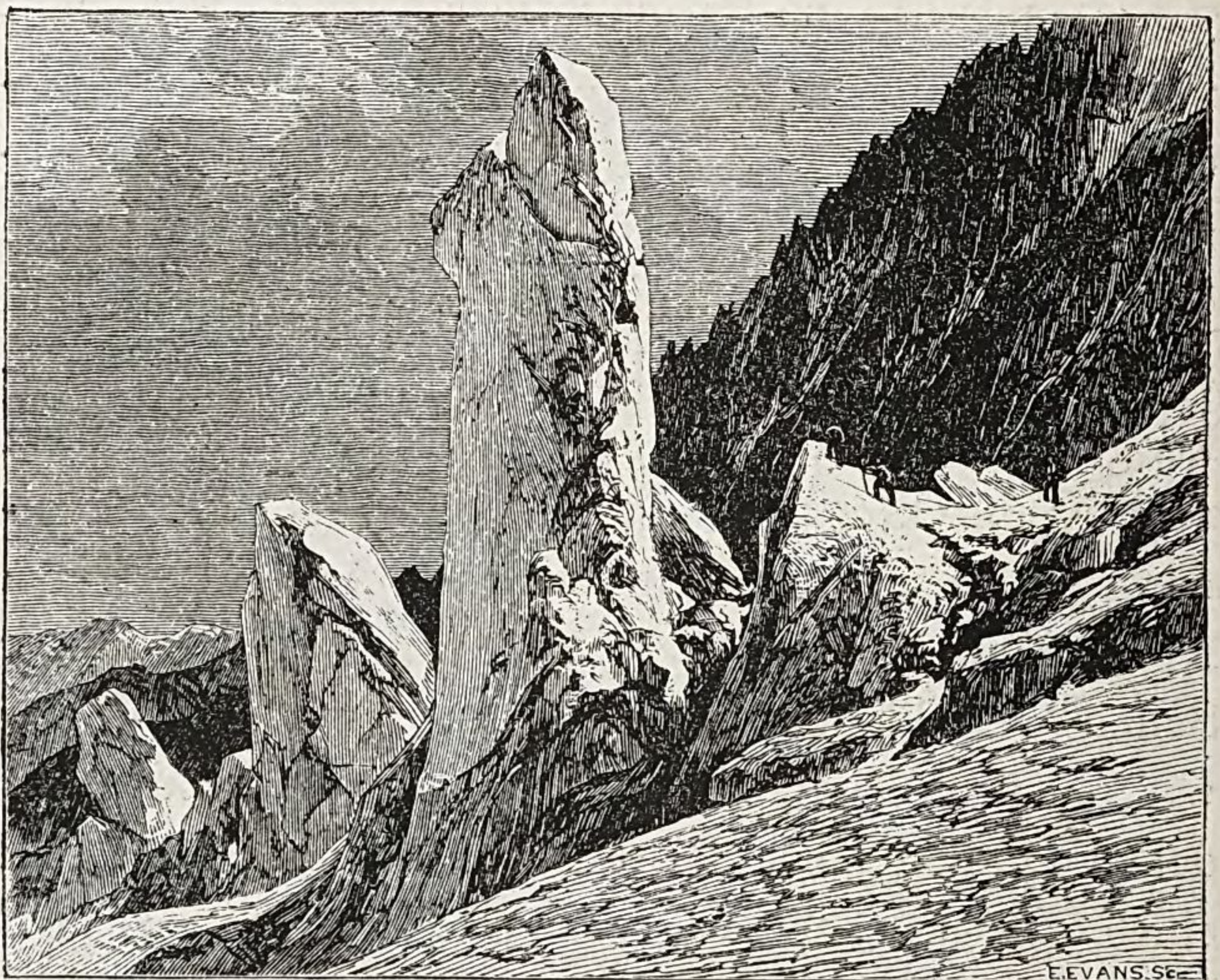
ausfüllt. Wir kommen zu einer andern seltsamen Erhöhung, nicht von so frischen Bruchstücken wie diejenigen weiter unten, sondern theilweise mit Bäumen bedeckt und ihrem Aussehen nach so „alt wie die Felsen“. Sie erzählt eine wunderbare Geschichte. Wir sind bald darüber klar, dass die Erhöhung eine alte Moräne ist, und schliessen zu-

gleich, dass der Gletscher in einer frühern Periode seines Daseins viel grösser war als er jetzt ist. Diese alte Moräne erstreckt sich quer durch den Haupttheil des Thals und endigt an den Bergen der entgegengesetzten Seite.

108. Wenn wir am letzten Theil des Gletschers vorbeigekommen sind, welcher mit Steinen und Schutt bedeckt ist, befinden wir uns neben einer sehr bewunderungswürdigen Eisdarstellung. Der Gletscher steigt in einen steilen Schlund hinunter und wird dabei auf die ausserordentlichste Weise gespalten und gebrochen. Hier sind Thürme und Spitzen und phantastische Formen von der Einwirkung des Wetters ausgearbeitet, welche uns an rohe Architektur erinnern. Anbei folgt eine Zeichnung eines solchen Eiszackens. Aus den tiefen Abgründen des Gletschers schimmert ein zarter Schein von blauem Licht hervor. Zu Zeiten hören wir einen Ton wie Donner, welcher entweder aus dem Umfallen eines Eisthurms oder von dem Fall eines grossen Steins in einen Abgrund herrührt. Der Gletscher behält für einige Zeit diesen wilden, chaotischen Charakter, und die besten Gletscherbesteiger sehen sich bei einem Versuch, auf demselben weiter zu gelangen, machtlos.

109. Wir gelangen auf einen Platz, der Chapeau genannt, wo wir auf Verlangen in einer kleinen Berghütte Erfrischungen haben können. Wir übersteigen dann den Mauvais pas, einen steilen Felsen, an dessen Vorderseite Stufen ausgehauen sind, und

der ungeübte Reisende wird durch ein Seil unterstützt. Wir verfolgen unsern Weg, theils an der Bergseite entlang, theils an einer Spalte von eigenthümlich künstlichem Ansehen — eine Seitenmoräne. Wir erblicken zuletzt ein Haus, welches auf einer Erhöhung an der andern Seite des



Eispinnakel.

Gletschers steht. Es ist dies das Wirthshaus von Montanvert, allen Besuchern dieses Theils der Alpen wohlbekannt.

110. Hier gehen wir über den Gletscher. Ich hätte Ihnen sagen sollen, dass der tiefere Theil, mit sammt dem zerklüfteten Theil, über welchen wir gekommen sind, der Gletscher des Bois heisst;

während der Platz, über welchen wir jetzt gehen wollen, der Anfang der Mer de glace ist. Sie bemerken, dass dieser Ausdruck nicht ganz geeignet ist, denn der Gletscher gleicht hier mehr einem Flusse von Eis als einem Meere. Das Thal, welches er ausfüllt, ist ungefähr eine halbe englische Meile breit.

111. Das Eis mag zuweilen springen, wo wir auftreten, aber bei gehöriger Vorsicht ist keine Schwierigkeit beim Besteigen dieses Theils der Mer de glace. Die Risse und Klüfte im Eis werden Crevasses genannt; wir werden sie in grösserm Massstab noch später kennen lernen.

112. Sehen Sie diese Seite des Gletschers an und nieder. Er ist sehr zerklüftet, aber je weiter wir vordringen, je weniger solcher Crevasses sind sichtbar, und auf der andern Seite werden wir nur sehr wenige von ihnen finden. Merken Sie sich dies für spätere Anwendung. Das Eis ist anfangs schmutzig; aber der Schmutz verschwindet bald, und Sie gelangen auf die reine, rauhe Oberfläche des Gletschers. Sie haben schon bemerkt, dass das reine Eis hier weiss ist und in der Entfernung mehr dem Schnee als dem Eis gleicht. Dieses kommt von der Auflösung auf der Oberfläche durch die Sonnenwärme. Wenn Sie durchsichtiges Steinsalz zu Pulver stossen, so wird es so weiss wie Speisesalz, und es sind die ungemein kleinen Risse, die auf der Oberfläche des Gletschers durch die Sonnenstrahlen erzeugt werden, welche das Eis



Die Mer de glace mit dem Mont Tacul und der Grande Jorasse und der Kluft oberhalb von Trélaporte zur Rechten.

weiss erscheinen lassen. Im Innern des Gletschers ist das Eis durchsichtig. Nach einem angenehmen Uebergang gelangen wir auf die gegenüberliegende Seitenmoräne und steigen ihren steilen Abhang hinunter zu dem Montanvert-Wirthshaus.

§. 13. Die Mer de glace und ihre Quellen. Unsere erste Besteigung bis zur Schlucht.

113. Hier ist die Aussicht vor uns sehr grossartig. Wir sehen über den Gletscher weg die schöne Pyramide der Aiguille du Dru (auf unserm Titelbild dargestellt); und zur Rechten die Aiguille des Charmoz mit ihren scharfen Zacken, gebogen, als wären sie biegsam. Sieht man den Gletscher gerade hinauf, so wird die Aussicht begrenzt von den hohen Kämmen der Grande Jorasse, welche fast 14000 Fuss hoch ist. Unsere Absicht ist jetzt, in das innere Herz der Berge zu gelangen und den wundervollen gefrorenen Fluss, welchen wir oben überschritten haben, bis zu seinem Ursprung zu verfolgen.

114. Wenn wir von Montanvert ausgehen und den Gletscher unter uns links liegen lassen, erreichen wir bald einige Felsen, welche dem Mauvais Pas ähnlich sind; sie heissen Les Ponts. Wir überschreiten sie und erreichen l'Angle, wo wir das Land verlassen und auf Eis gelangen. Wir steigen den Gletscher hinan, aber bevor wir das Vorgebirge Trélaporte erreichen, nehmen wir noch-

mals den Bergweg; denn obgleich er seiner Gefahr wegen hier verboten ist, so sind wir gefasst, uns zum Besten der Wissenschaft Gefahren bis zu einer vernünftigen Grenze auszusetzen. Ein kleiner Gletscher liegt am Abhang zu unserer Rechten. Wir sehen einen oder zwei sehr grosse Felsblöcke am Ende des Gletschers im Gleichgewicht gehalten, und wenn wir Glück haben, können wir den Block sich loslösen und den Abhang heftig hinabstürzen sehen. Wir haben nur Gegenwart des Geistes nöthig, um ganz sicher zu sein; aber Reisende zeigen nicht immer Geistesgegenwart, und daher ist der Weg, welcher sonst über diesen Abhang führte, jetzt verlassen. Der ganze Abhang ist mit Felsmassen übersäet, welche dieser kleine Gletscher herniedergesandt hat. Ich wünschte, Sie könnten dieselben sehen; später soll von diesen noch mehr die Rede sein.

115. Ueber Trélaporte zur Rechten sehen Sie eine sehr eigenthümliche Kluft in dem Felsen, in deren Mitte ein einsamer Pfeiler steht, welcher vom Wetter ausgehauen worden ist. Unsere nächste Absicht ist zu dem Felsenthurm links von dieser Kluft zu gelangen, denn von diesem Platz aus gewinnen wir eine beherrschende und lehrreiche Aussicht auf die Mer de glace und ihre Quellen.

116. Die besprochene Kluft mit ihrem Pfeiler kann man rechts auf der vorhergehenden Zeichnung der Mer de glace sehen. Unterhalb der Kluft sieht man auch den soeben besprochenen Gletscher.

117. Wir können diese Schlucht durch eine steile Gosse erreichen, welche von unserm jetzigen Standpunkt aus sichtbar ist und gerade auf die Kluft zuführt. Aber diese Gossen oder Abflüsse sind sehr gefährlich, da sie der Weg für die Steine sind, welche aus den Höhen herabfallen. Wir wollen daher den Weg über die Felsen links von dem Abfluss nehmen, nachdem wir durch genaue Untersuchung ihre besteigbaren Punkte festgestellt haben und sie dort besteigen. In den Alpen wie anderswo können ausserordentliche Dinge vollbracht werden, wenn man die Schwierigkeiten fest ins Auge fasst und sie da zu überwinden versucht, wo dies erreichbar erscheint. So gelangen wir an unser Ziel, wo die Pracht des Anblicks und die Einsicht in die Bildung der Mer de glace uns reichlich für die Anstrengung des Besteigens belohnt.

118. Denn wir sehen den Gletscher unter uns seine gefrorene Zunge über Montanvert hinaus erstrecken. Und wir finden jetzt, dass dieser einzige Gletscher sich in drei Arme theilt, deren einige breiter als er selbst sind. Betrachten Sie den Arm zu Ihrer Rechten, den Gletscher du Géant. Er streckt sich in einer langen Entfernung glatt aus, wird dann unterbrochen und verwandelt sich später in einen grossen gefrorenen Wasserfall, in welchem das Eis in wilder Verwirrung herniederzustürzen scheint. Ueber dem Fall sehen Sie ein Schneefeld, welches eine Fläche von einigen englischen Quadratmeilen einnimmt.

§. 14. Eiswasserfall und Schneefelder auf dem
Col du Géant.

119. Anstatt auf die Höhe, wo wir jetzt stehen, zu klettern, hätten wir unsern Weg auf der Mer de glace fortsetzen, um das Vorgebirge von Trélaporte herumgehen und den Gletscher du Géant gerade hinaufsteigen können. Wir würden Eis unter unsern Füßen bis zur höchsten Spitze des Wasserfalls gefunden haben. Es ist nicht so fest wie das Eis weiter unten, aber Sie würden sich nicht bedenken, es doch auch Eis zu nennen.

120. Während wir uns dem Fall nähern, verändert sich das glatte und ungebrochene Aussehen des Gletschers mehr und mehr. Wir begegnen querlaufenden Erhöhungen, die mit zunehmender Steilheit aufeinanderfolgen. Das Eis wird mehr und mehr gespalten und liegt verworren umher. Wir winden uns durch gekrümmte Schluchten, erklimmen ungeheure Eiswände und klettern vorsichtig an abbröckelnden Kämmen vorbei, während wir rechts und links von Rissen (crevasses) umgeben sind. Die Verwirrung nimmt zu, bis weiteres Vordringen in der Mitte des Gletschers unmöglich wird.

121. Aber mit Hülfe einer Axt, welche Stufen in die steilern Eiswände und Abhänge einhaut, können wir durch Abschweifen bald nach dieser,

bald nach jener Seite des Gletschers uns bis auf die Spitze des Wasserfalls durcharbeiten. Wenn wir rechts hinaufsteigen, müssen wir uns vor den Eislavinen schützen, die zuweilen die Abhänge herunterdonnern; steigen wir links hinauf, so müssen wir uns vor den Steinen in Acht nehmen, welche sich von der Aiguille noire loslösen. Wenn wir den Wasserfall verlassen haben, müssen wir uns vor den Crevasses hüten, welche in einiger Entfernung über dem Fall fürchterlich gähnen. Aber mit Vorsicht können wir um sie herum kommen und sie zuweilen auf Schneebrücken überschreiten. Hier sind Geschicklichkeit und Kenntniss, welche nur durch lange Uebung erlangt werden können, von Wichtigkeit, und hier ist die Anwendung des Alpenseils von selbst gerathen. Denn nicht genug, dass die Schneebrücken oft schwach sind, so sind auch zuweilen ganze Crevasses bedeckt, und der unglückliche Reisende entdeckt erst ihr Dasein, wenn der Schnee unter seinen Füßen zusammenbricht. Viele Menschen haben auf diese Weise ihr Leben verloren, und zwar einige erst ganz kürzlich.

122. Sind wir erst auf dem Plateau oberhalb des Eisfalls, so finden wir die Oberfläche vollkommen verändert. Unter dem Fall gingen wir auf Eis; hier sind wir auf Schnee. Nach einem angenehmen, aber langen Aufsteigen erreichen wir einen Einschnitt in der Erhöhung, welcher die Grenze zwischen Schneefeld und Spitze bildet, und nun haben

Sie Italien vor sich. Wir stehen auf dem berühmten Col du Géant.

123. Nicht unnütze Ausreisser, die in die Berge flüchteten, haben diesen wilden Schlupfwinkel zuerst bekannt gemacht; auch war es nicht das Bedürfniss nach Gesundheit, welches jetzt einige herlockt, oder die Freude an Grossartigkeit und Schönheit, welche andere herbringt; noch der Wunsch, sagen zu können, dass sie einen Berg erklommen oder einen Gipfel erstiegen haben, welcher, wie ich fürchte, einen grossen Theil anlockt; sondern es war der Drang nach Kenntniss, welcher die ersten Kundschafter hierher brachte, und auf diesem Col lebte der berühmte de Saussure siebzehn Tage, um wissenschaftliche Beobachtungen zu machen.

§. 15. Die Gletscherfrage.

124. Ich möchte Sie jetzt bitten, einen Augenblick die Thatsachen in Betrachtung zu ziehen, in deren Besitz wir durch diesen Ausflug gekommen sind. Der Schnee, welchen wir in Gedanken durchwatet haben, ist der Schnee des letzten Winters und Frühlings. Hätten wir im vergangenen August ein geeignetes Zeichen auf der Oberfläche des Schnees gemacht, so würden wir es in diesem August in einer bestimmten Tiefe unter der Oberfläche finden. Ein guter Theil ist von der Sommer-sonne weggeschmolzen worden, aber ein ansehn-

licher Theil vom Schnee bleibt zurück und wird fortdauern, bis der Schnee des kommenden Winters fällt und ihn bedeckt. Dieser wird wiederum zum Theil bis zum darauffolgenden August erhalten bleiben, und ein beträchtlicher Theil bleibt, bis er vom Schnee des folgenden Winters bedeckt wird. Wir kommen auf diese Weise zu dem sichern Schluss, dass auf dem Plateau des Col du Géant die Menge des jährlich fallenden Schnees die geschmolzene Menge übersteigt.

125. Wären wir im Monat April oder Mai gekommen, so würden wir den Gletscher unterhalb des Eisfalls ebenfalls mit Schnee bedeckt gefunden haben, welcher jetzt durch die Sommerhitze vollständig weggeräumt ist. Noch mehr, das Eis ist auf dieser Stelle sichtbar im Schmelzen und bildet laufende Bäche, welche Kanäle in das Eis schneiden und sich hier und da zu kleinen blaugrünen Seen ausdehnen. Hieraus können Sie mit Sicherheit schliessen, dass unterhalb des Eisfalls die Menge der fallenden gefrorenen Masse geringer ist als die Menge der schmelzenden.

126. Und dies zwingt uns noch einen andern Schluss auf: zwischen dem Gletscher unterhalb des Eisfalls und dem Plateau über demselben muss eine Linie bestehen, wo die Menge des fallenden Schnees genau gleich kommt der Menge des jährlich schmelzenden. Dies ist die Schneelinie. Auf einigen Gletschern ist sie ganz deutlich, und sie würde hier auch deutlich sichtbar sein, wenn

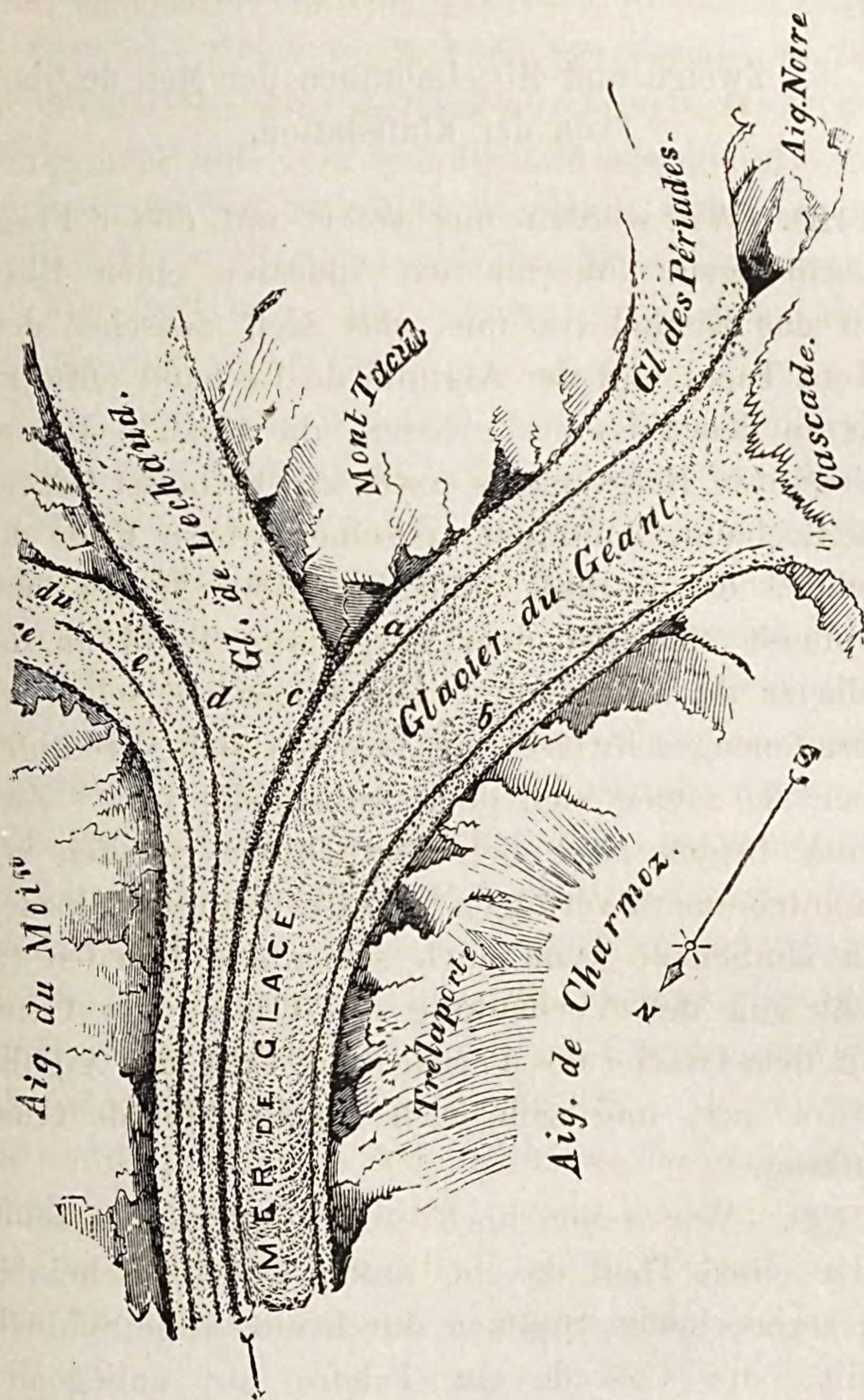
das Eis weniger geborsten und verworren wäre als es gegenwärtig der Fall ist.

127. Der französische Ausdruck *névé* dient zur Bezeichnung der Eisregionen über der Schneelinie, während das Wort Gletscher (*glacier*) für das Eis unterhalb derselben gebraucht wird. So bilden die Schneefelder des Col du Géant das *névé* für den Gletscher du Géant und zum Theil auch für die *Mer de glace*.¹

128. Aber wenn jedes Jahr einen Rest Schnee ungeschmolzen auf dem Plateau des Col du Géant zurücklässt, so folgt daraus, dass das Plateau jährlich höher werden muss, vorausgesetzt, dass der Schnee auf demselben liegen bleibt. Ebenso sicher ist der Schluss, dass die ganze Länge des Gletschers unterhalb des Falles allmählich geringer werden müsste, wenn der Verbrauch des jährlich schmelzenden Schnees nicht ausgeglichen würde. Nehmen wir an, zwei Fuss Schnee blieben jährlich auf dem Col zurück; dies würde in fünftausend Jahren eine viel bedeutendere Höhe als die des Montblanc erzeugen. Eine solche Anhäufung würde stattfinden, wenn der Schnee auf dem Col liegen bliebe; aber die Anhäufung findet nicht statt, folglich bleibt der Schnee nicht auf dem Col. Die Frage ist nun, wo kommt er hin?

¹ Dem französischen „*névé*“ entspricht das deutsche Wort „*Firn*“, welches in einigen Theilen der Schweiz üblich ist, während in Tirol der Gletscher selbst *Firner* oder *Ferner* genannt wird.

Anmerkung des Herausgebers.



Skizze der Moränen a, b, c, d, e der Mer de glace.

§. 16. Zweige und Mittelmoränen der Mer de Glace von der Kluftstation.

129. Wir werden uns sofort mit dieser Frage beschäftigen. Werfen wir indessen einen Blick auf das Eisthal vor uns, das sich zwischen dem Mont Tacul und der Aiguille de Léchaud aufwärts bis an den Fuss des grossen, die Grande Jorasse genannten Bergrückens erstreckt. Es heisst Glacier de Léchaud, empfängt an seinem obern Ende den Schnee der Jorasse und des Mont Mallet, und schliesst sich bei dem Vorgebirge Tacul an den Glacier du Géant an. Die Gletscher sehen wie zusammengeschweisst aus, wo sie sich vereinigen, aber sie setzen sich doch selbständig fort. Zwischen beiden lässt sich deutlich ein Streifen von Steintrümmern verfolgen (c auf beigefügter Skizze); ein ähnlicher, wenn auch schmalerer Streifen (a) geht von der Verbindung des Glacier du Géant mit dem Glacier des Périades am Fuss der Aiguille Noire aus, und zieht sich an der Mer de Glace entlang.

130. Wir sehen noch einen andern Gletscher, oder einen Theil davon, links, welcher scheinbar in zerbrochenen Stücken durch eine enge Schlucht fällt (die Cascade du Talèfre auf anliegender Skizze) und sich an den Léchaud anfügt; von ihrem Vereinigungspunkt aus läuft auch ein Trümmerstreifen (d) an der Mer de Glace entlang

herunter. Hinter diesem bemerken wir noch einen Streifen (e), welcher am Fuss des Eisfalls zu beginnen scheint, also gleichsam aus dem Gletscher selbst entspringt. Neben allen diesen können wir die Seitenmoräne der Mer de Glace wahrnehmen.

131. Diese Streifen sind die Mittelmoränen der Mer de Glace. Wir werden gleich mehr über sie erfahren.

132. Und nun, nachdem wir uns durch diese Beobachtungen unterrichtet haben, lassen wir unsere Blicke dahinschweifen über das ganze grossartige Bild, die zersplitterten Gipfel und die zerrissenen und zackigen Kämme, die weit hingestreckten Schneefelder, die schmalern Gletscher, welche auf den Höhen nisten, den tiefblauen Himmel und die segelnden Wolken. Ist es nicht einiger Anstrengung werth, über ein solches Bild zu gebieten? Aber unser Vergnügen wird erhöht durch das Bewusstsein, dass wir nicht gekommen sind, blos um zu schauen; wir kamen, uns zu belehren über das Wesen der Gletscher, und dieser hohe Genuss ist nur eine Zugabe zu unserer Arbeit. Durch das ganze Leben werden Sie es ebenso finden: ohne ernste Mühe keine wahre Freude!

§. 17. Die Talèfre und der Jardin. Arbeit zwischen den Spalten.

133. Jetzt lasst uns denn hinabsteigen zur Mer de Glace; ich will Sie quer über den Gletscher zu

jenem zerbrochenen Eisfall führen, dessen Ursprung wir noch nicht gesehen haben. Unser Ziel ist die fernere Seite des Gletschers, und um sie zu erreichen, müssen wir jene dunkeln Trümmerstreifen überschreiten, welche wir von der Höhe aus beobachtet haben. Von oben gesehen schienen diese Moränen flach, aber jetzt finden wir, dass es zwanzig bis dreissig Fuss hohe Kämme von Steinen und Schutt sind.

134. Wir verlassen das Eis an einer Stelle, welche der Couvercle (Deckel) heisst, und wenden uns, immer höher steigend, um dieses Vorgebirge; wir zwängen uns durch die Egralets, eine Art natürlicher Treppe im Felsen, und bald darauf erlangen wir eine volle Ansicht des Eisfalls, dessen Ursprung wir suchen. Das Eis auf dem Fall ist sehr zerbrochen; wir sehen Spitzen und Thürmchen, einige gerade, andere schräg, und wenn wir Glück haben, sehen wir einige gerade fallen, wie auf dem Glacier des Bois; und dazwischen Abgründe, aus denen ein zartes blaues Licht heraufscheint. Den Eisfall zu unserer Rechten steigen wir weiter aufwärts, bis wir endlich eine volle Uebersicht über ein weites Gletscherbecken gewinnen, das fast eben ist und in dessen Mitte sich eine einsame, ganz von Eis umgebene Insel befindet. Wir stehen am Rande des Talèfre-gletschers und sehen, wie er sich mit dem Eisfall verbindet, an dem wir vorbeigeschritten sind. Der Gletscher ist von felsigen Wänden eingefasst, deren

Kämme in Zacken und Kanten zerrissen und zerhackt sind, und gestützt von Schneewällen, in denen die herabrollenden Steine Rinnen gebildet haben.

135. Wir durchschneiden das Becken bis zur Insel in der Mitte, und finden Gras und Blumen an der Stelle, wo wir sie betreten. Dies ist der berühmte Jardin (Garten), von dem Sie oft gehört haben. Der obere Theil des Jardin ist nackter Fels. Dicht dabei erhebt sich eine der vornehmsten Spitzen in diesem Theil der Alpen, die Aiguille Verte. Sie ist zwischen dreizehn- und vierzehntausend Fuss hoch, und wenn frischer Schnee gefallen ist, donnern an ihren Seiten unaufhörlich Lavinen herunter. Von einem ihrer Vorsprünge läuft ein Moränestreifen an dem Talèfre nieder, vom Jardin geht ein ähnlicher Moränestreifen aus. Beide ziehen sich nebeneinander bis zur Spitze des Eisfalls, wo sie von den Abgründen verschlungen werden. Aber am Fusse des Falls erscheinen sie wieder, wie neu aus dem Gletscher entsprungen, und laufen nachher an der Mer de Glace entlang weiter fort.

136. Wandern Sie nun mit mir neben der Moräne her vom Jardin nach dem Eisfall hinunter. Eine Zeit lang ist die Anstrengung gering; die Spalten, die uns begegnen, sind kein Hinderniss für unsern Marsch. Aber die Schlünde werden allmählich breiter und wilder, bald folgt einer so kurz hinter dem andern, dass kaum mehr als Wände von Eis dazwischen bleiben. Hier ist voll-

kommene Festigkeit der Füße nothwendig: — ein Ausgleiten wäre sicherer Tod. Wir schauen nach dem Fall hin und bemerken, wie das Gewirr von Wänden und Blöcken und Klüften unter uns zunimmt. Da gebieten Vorsicht und Vernunft endlich Halt! Wir müssen uns nach rechts oder nach links wenden, um, an den Eiskämmen entlang kletternd, Schlünde zu beiden Seiten, die rechte oder linke Seitenmoräne des Gletschers zu erreichen.

§. 18. Die ersten Fragen über die Bewegung der Gletscher. Verschiebung von Gegenständen, welche in einer Spalte begraben werden.

137. Aber was sind denn diese Seitenmoränen? Wenn wir so Tag für Tag an den Gletschern entlang wandern, wird uns ihr Ursprung allmählich ganz klar. Wir sehen, wie von den Bergabhängen in Zwischenräumen Steine und Schutt herunterrollen und von dem Eis aufgehalten werden. Am ganzen Saum des Gletschers entlang fallen die Steine und die Schuttmassen, und es wird bald augenscheinlich, dass wir hier die Quelle der Seitenmoränen haben.

138. Wofür sollen wir jedoch die Mittelmoränen ansehen? Wie kommt das Geröll dazu, sich auf dem Gletscher in solchen geraden Streifen zu ordnen, einige hundert Ellen weit von seinem Rand, während der Raum zwischen den Moränen und dem Rand des Gletschers rein von Schutt und

Steinen bleibt? Einige haben behauptet, die Steine seien von den Seiten über den Gletscher gerollt, aber diese Behauptung ist bei näherer Prüfung unhaltbar. Erinnern wir uns jetzt an das, was wir von dem Ueberschuss des Schnees gesagt haben, der oberhalb der Schneegrenze fällt, und an die sich daran knüpfende Frage: Wo bleibt dieser Schnee? Wäre es möglich, dass sich die ganze Masse langsam abwärts bewege? In diesem Falle würden die Seitenmoränen von dem Eis, auf welchem sie ruhen, mitgeschleppt werden, und wo zwei Gletscherarme sich vereinigen, würden sich ihre benachbarten Seitenmoränen zusammenlegen und so eine Mittelmoräne auf dem Hauptgletscher bilden.

139. Wir sehen in der That keinen Ausweg, den Ueberschuss an Schnee oberhalb der Schneegrenze zu erklären, wir wissen nicht, wie so viel Eis, das fortwährend unterhalb der Schneelinie schmilzt, ersetzt werden soll, wir finden auch keine Erklärung für die Mittelmoränen, — ausser wenn wir annehmen, dass von den höchsten Schneefeldern des Col du Géant, des Léchaud und des Talèfre bis zum äussersten Ende des Glacier des Bois die ganzen gefrorenen Massen thalwärts wandern.

140. Wären Sie älter, so würde ich mir das Vergnügen machen, Sie auf den Montblanc mitzunehmen. Von Chamouni aus gingen wir erst durch Gehölz und Weideland, dann an steilem Abhang hinauf, mit dem Glacier des Bossons zu unserer Rechten, zu einem Felsen, der Pierre

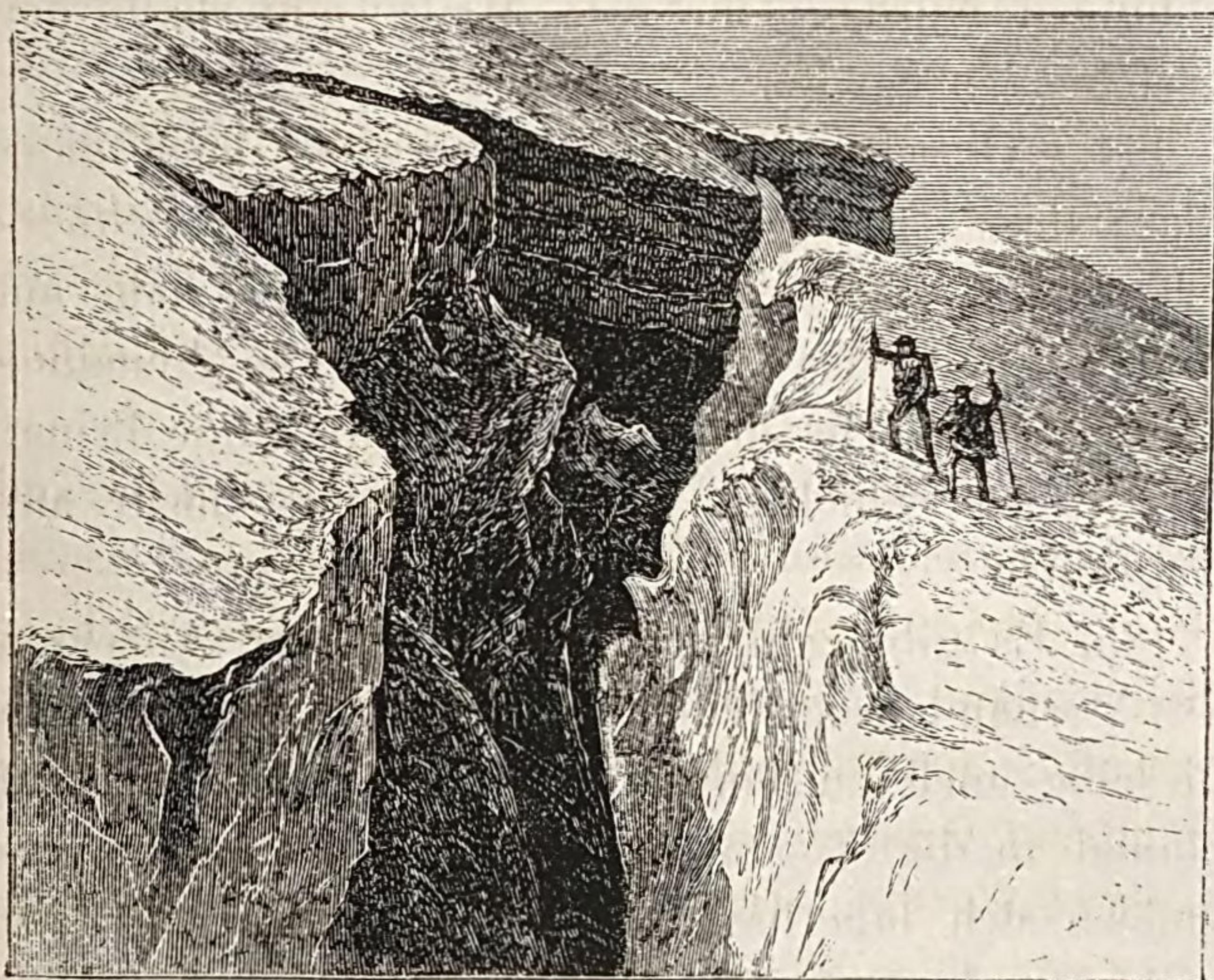
Pointue (spitzer Stein) genannt wird; von da zu einem höhern Felsen, Pierre de l'Échelle (Leiterstein) genannt, weil hier gewöhnlich eine Leiter zur leichtern Ueberschreitung der Gletscherschründe aufgestellt ist. Bei der Pierre de l'Échelle kämen wir auf das Eis, und unter der Aiguille du Midi fortgehend, welche sich zur Linken aufthürmt und zuweilen einen Theil der Fährte mit Steinlavinen verschüttet, würden wir den Glacier des Bossons überschreiten; weiter zwischen Wällen von aufgehäuften Geröll und Thürmen von Eistrümmern; an steilen Abhängen empor und über Abgründe, so tief, dass ihr Boden in Dunkelheit verschwindet.

141. So erreichen wir die Felsen der Grands Mulets, welche eine Art kahler Insel in der eisigen See bilden; weiter geht es auf die höhern Schneefelder, quer über das Petit Plateau, das wir von Eisblöcken versperrt finden würden. Zur Rechten blickend, können wir sehen, woher diese gekommen sind, denn hier erheben sich mit drohender Miene hoch über uns die Eisspitzen* des Dome du Gouté. Die Führer wünschen, dass man die Stelle schweigend passirt, und man kann ihnen gewiss den Willen thun, wie sehr Sie auch zweifeln mögen, dass die menschliche Stimme im Stande sei, die Eisriffe zum Fallen zu bringen. Von dem Petit

* Dieselben werden Séracs genannt wegen ihrer Aehnlichkeit in Form und Farbe mit einer geringen Sorte Quarkkäse, der in Chamouni diesen Namen führt.

Plateau trägt uns eine steile Schneewand nach dem Grand Plateau; in den ganzen Alpen ist mir nichts bekannt, das bei Tagesanbruch grösser und feierlicher wäre als die Aussicht von diesem Punkt.

142. Ein Ziel unserer Ersteigung wäre nun erreicht; denn hier auf der Höhe des Grand Plateau



Eisspalte auf dem Grand Plateau.

und am Fuss des letzten Abhanges von dem Mont-blanc würde ich Ihnen eine grosse Spalte zeigen, in welche drei Führer durch eine Lavine im Jahre 1820 herabgestürzt wurden.

143. Ist dies richtig ausgedrückt? — Eine Spalte, kaum unterscheidbar von der gegenwärtigen, ist unzweifelhaft im Jahre 1820 hier vorhanden gewesen.

Aber war es die jetzt bestehende Spalte selbst? Ist das geborstene Eis hier heute dasselbe wie das, welches vor 51 Jahren schon geborsten war? Keineswegs! — Wie wird das bewiesen? — Durch die Thatsache, dass länger als vierzig Jahre nach ihrer Verschüttung die Ueberreste dieser drei Führer nahe bei dem Ende des Glacier des Bossons gefunden wurden, mehrere Meilen unterhalb der bestehenden Spalte.

144. Dieselbe Beobachtung erweist auch ganz klar, dass es das Bodeneis der höhern Schneefelder ist, welches zum Oberflächeneis nahe am untern Rande des Gletschers wird. Die Abnahme an der Oberfläche unterhalb der Schneelinie bringt die tiefern Schichten des Eises immer mehr ans Tageslicht.

145. Es gibt zahlreiche unverkennbare Anzeigen des Vorhandenseins einer Gletscherbewegung, wenn dieselbe auch zu langsam vor sich geht, um auf einmal in die Augen zu fallen. Die Spalten verändern sich innerhalb gewisser Grenzen von Jahr zu Jahr, bisweilen von Monat zu Monat. Dies könnte nicht sein, wenn sich das Eis nicht bewegte. Es sind auch Felsen und Steine beobachtet worden, welche vollständig von den Bergabhängen abgerissen wurden. Blöcke, die man von bestimmten Punkten hat fallen sehen, sind nachher tiefer unten wieder gefunden worden. Auf den Moränen fanden sich Felsstücke von gänzlich anderer mineralogischer Beschaffenheit als die der Berge zur Rechten und

Linken, und in allen diesen Fällen sind Schichten von derselben Beschaffenheit höher oben am Rande des Gletschers gefunden worden. Hieraus folgt, dass die fremden Steinblöcke von dem Eis heruntergeschwemmt wurden. Ferner bearbeiten die Enden oder „Zungen“ vieler Gletscher das davorliegende Land wie Pflugscharen, mit langsamer, aber schonungsloser Gewalt Hütten und Scheunen umstürzend, die ihnen im Wege liegen. Thatsachen dieser Art sind nichts Neues für die Bewohner der Hochalpen, die dadurch im allgemeinen wol mit der Bewegung der Gletscher bekannt geworden sind.

§. 19. Die Bewegung der Gletscher. Messungen von Hugi und Agassiz. Treiben von Hütten auf dem Eis.

146. Aber die Entwicklung der Erkenntniss schreitet fort von der Allgemeinheit zur Bestimmtheit, und genaue Feststellungen des Grades der Gletscherbewegung wurden bald wünschenswerth. Mit Bezug auf solche Messungen wird ein Gletscher im Berner Oberland ewig denkwürdig bleiben. Von der kleinen schweizerischen Stadt Meyringen gehen wir nach dem Haslithal hinauf, vorüber an dem berühmten Handeckwasserfall, wo der Aarfluss in einen über zweihundert Fuss tiefen Abgrund stürzt. Wir nähern uns dem Grimselpass, aber anstatt ihn zu überschreiten, wenden wir uns nach rechts und folgen stromaufwärts dem Lauf der

Aar. Wir finden, dass die Aar, wie Rhône und Arveiron, aus einem Gletscher entspringt.

147. Wir begeben uns auf das Eis oder vielmehr auf die tiefe Moräneschindel, welche das Eis bedeckt, und steigen weiter. Es ist ein böser Weg, aber nach einiger Zeit werden wir den Schutt los und gelangen zu einem ausgedehnten Gletscher mit einer grossen, auf seinem Rücken entlang laufenden Mittelmoräne. Diese Moräne wird durch die Verbindung zweier Gletscherarme gebildet, des Lauteraar- und des Finsteraargletschers, welche sich bei einem Vorgebirge, das der „Abschwung“ heisst, zu dem Hauptgletscher, dem Unteraargletscher vereinigen.

148. Auf dieser grossen Mittelmoräne baute im Jahre 1827 ein unerschrockener und begeisterter schweizer Professor, Hugi aus Solothurn, eine Hütte, mit der Absicht, Beobachtungen über den Gletscher anzustellen. Seine Hütte bewegte sich, und er mass ihre Bewegung. In den drei Jahren von 1827 bis 1830 war sie um 330 Fuss abwärts gerutscht. Im Jahr 1836 war sie 2354 Fuss tief gerutscht, und 1841 fand sie Herr Agassiz 4712 Fuss unterhalb ihrer ersten Lage.

149. Im Jahre 1840 suchte Herr Agassiz selbst mit einigen kühnen Begleitern Schutz unter einer grossen überhängenden Felsplatte auf derselben Moräne, indem sie noch Seitenwände und andere Schutzmittel daranfügten. Und weil er und seine Kameraden aus Neufchâtel kamen, wurde die Hütte

noch lange nachher Hôtel des Neufchâtelois genannt. Zwei Jahre nach seiner Aufrichtung fand Agassiz, dass das „Hôtel“ sich 486 Fuss nach unten bewegt hatte.

§. 20. Genaue Messungen von Agassiz und Forbes.
Beweis der Aehnlichkeit der Gletscherbewegung mit
der Bewegung der Flüsse.

150. Wir nähern uns jetzt einem wichtigen Abschnitt in der Geschichte der Gletscherkunde. Hätten die ersten Forscher eine praktische Kenntniss der bei der Feldmesskunst gebrauchten Präcisionsinstrumente gehabt, so wären genaue Messungen der Bewegung der Gletscher vermuthlich viel früher ausgeführt worden. Wir stehen jetzt im Begriff zu sehen, wie solche Instrumente fast gleichzeitig von Agassiz auf dem Unteraargletscher und von Professor Forbes auf der Mer de Glace eingeführt werden. Versuche waren schon von Herrn Escher von der Linth gemacht worden, die Bewegung einer Reihe von Holzstöcken zu bestimmen, die er in den Aletschgletscher eingetrieben hatte; aber das schnelle Schmelzen warf die Stöcke bald um. Dem abzuhelpen, unterzog sich Agassiz 1841 der grossen Mühe, Bohrwerkzeuge nach seinem „Hôtel“ mitzunehmen und den Unteraargletscher an sechs verschiedenen Stellen bis zu zehn Fuss Tiefe in einer quer über den Gletscher gezogenen geraden Linie anzubohren. In die sechs

Löcher wurden sechs Pfähle so fest eingetrieben, dass sie ein Jahr lang im Gletscher blieben, und 1842 wurden dann an allen sechs die Verschiebungen festgestellt. Dieselben betrugen nach der Reihe ihrer Lage 160, 225, 269, 245, 210 und 125 Fuss.

151. Hiermit war ein grosser Vorsprung gewonnen. Beachten wir, dass die mittlern Zahlen die grössten sind. Sie entsprechen dem mittlern Theile des Gletschers. Somit stellen diese Messungen folgerichtig fest, nicht nur die Thatsache der Gletscherbewegung, sondern auch, dass die Mitte des Gletschers, wie die eines Flusses, sich schneller fortbewegt als seine Seiten.

152. Mit Hülfe geübter Ingenieure setzte Agassiz diese Messungen in den nächstfolgenden Jahren fort. Seine Untersuchungen sind in einem „Système Glaciaire“ betitelten Werk verzeichnet, das zusammen mit einem prächtigen Atlas des Unteraargletschers im Jahre 1847 veröffentlicht wurde.

153. Diese Bestimmungen wurden mit Hülfe eines Höhenmessers (Theodolit) gemacht, mit dem ich Sie alsobald bekannt machen werde. Dasselbe Instrument wurde im selben Jahre von dem verstorbenen Rector Forbes auf der Mer de Glace angewendet. Auch er entdeckte ganz selbständig die grössere Bewegung der Mitte. Er zeigte ausserdem, dass es nicht nöthig ist, ein Jahr oder auch nur eine Woche zu warten, um die Bewegung des Gletschers zu bestimmen. Mit einem genau eingerichteten Höhenmesser war er im Stande, die

Bewegung verschiedener Punkte der Mer de Glace von Tag zu Tag festzustellen. Er versicherte, und mit Recht, dass die Bewegung des Gletschers von Stunde zu Stunde angegeben werden könne. Wir werden dies weiter unten (Satz 162) beweisen. Professor Forbes mass auch die ganze Mer de Glace aus und entwarf eine ausgezeichnete Karte derselben. Seine ersten Beobachtungen und seine Messungen sind niedergelegt in einem berühmten, 1843 herausgegebenen Buche mit dem Titel „Travels in the Alps“ (Alpenwanderungen).

154. Diese Beobachtungen wurden gleichfalls in den nächstfolgenden Jahren fortgesetzt und die Ergebnisse in einer Reihe höchst interessanter loser Briefe und Abhandlungen niedergelegt. Diese wurden dann zu einem Band zusammengestellt, der unter dem Titel „Occasional Papers on the Theory of Glaciers (Gelegentliche Notizen zur Gletschertheorie) 1859 veröffentlicht wurde. Die Arbeiten von Agassiz und Forbes sind die beiden Hauptquellen unserer Kenntnisse von den Erscheinungen der Gletscherwelt.

§. 21. Der Höhenmesser und seine Anwendung.

Unsere eigenen Messungen.

155. Soweit wäre mein Zweck erreicht. Ich habe Ihnen Beweise gegeben für die Bewegung der Gletscher und einen geschichtlichen Bericht über ihre Messung. Jetzt müssen wir versuchen, durch

eigene Arbeit auf dem Eis etwas zur Kenntniss der Gletscher beizutragen. Entschlossenheit darf uns nicht fehlen bei dem Beginn unserer Arbeit, aber ebenso wenig Ausdauer und Geduld in ihrem weitem Verlauf. Betrachten Sie nun diesen Höhenmesser; er besteht wesentlich aus einem Fernrohr und einem in Grade eingetheilten Kreisbogen; das Fernrohr kann auf- und niederbewegt werden und der Kreisbogen, an dem das Fernrohr befestigt ist, nach rechts und nach links. Soll nur eine sehr geringe Bewegung mit grosser Genauigkeit gemacht werden, so benutzt man die angebrachten geeigneten Schrauben, Tangentenschrauben genannt. Das Instrument ruht auf drei Füßen, die beweglich sind, aber bei gehöriger Aufstellung vollkommen feststehen.

156. Zwei Wasserwagen sind im rechten Winkel zueinander auf dem eben erwähnten Kreisbogen befestigt. Durch Uebung gelangt man dahin, die Füße des Instruments zu regieren und so aufzustellen, dass der Kreisbogen ziemlich wagerecht steht. Mit Hülfe von vier Stellschrauben stellen wir ihn genau wagerecht. Gerade unter der Mitte des Instruments befindet sich ein kleiner Haken, von welchem ein Bleiloth herabhängt; wo die Spitze des Bleiklöppels den Fels berührt, machen wir ein Zeichen, oder, wenn die Erde weich ist, treiben wir genau unter dem Loth einen Pflock ein. Hängen wir dann zu irgendeiner spätern Zeit das Loth wieder auf, so finden wir auf eine Haar-

breite den heutigen Standpunkt des Instruments wieder.

157. Sehen Sie nun durch das Fernrohr; Sie finden die Sehfläche von zwei der feinsten Spinnwebefäden durchkreuzt. Bei der wirklichen Benutzung richten wir das Fernrohr quer über den Gletscher, bis der Kreuzungspunkt der beiden Fäden genau einen gut bestimmbaren Punkt an einem Baum oder Felsen auf der andern Seite des Thales deckt. Diesen unsern festen Visirpunkt skizziren wir mit seiner nächsten Umgebung in ein Notizbuch, sodass wir ihn bei unserer Wiederkehr auf denselben Platz sofort wiederzuerkennen vermögen. Denken Sie sich nun eine gerade Linie von dem Mittelpunkte des Fernrohrs nach diesem Punkt hin gezogen und nehmen Sie an, dass diese Linie so gerade herunter auf den Gletscher fiele, als ob jeder Punkt der Linie ein fallender Stein wäre; so haben wir auf dem Gletscher eine Linie, auf welcher wir eine Reihe von Stöcken befestigen müssen.

158. Ein geschulter Gehülfe steht schon auf dem Gletscher. Er richtet seinen Pfahl auf und stellt sich dahinter; das Fernrohr wird nun heruntergelassen, ohne dass es nach rechts oder links schwankt, mathematisch ausgedrückt: es bleibt in derselben lothrechten Ebene. Das Fadenkreuz im Fernrohr trifft das Eis vermuthlich in einer kleinen Entfernung von dem Pfahl des Gehülfen; auf unser Winken mit dem Arm geht er rechts

oder links; geht er zu weit, so winken wir ihn zurück. Nach ein paar Versuchen weiss er, ob er nahe am richtigen Punkt ist und macht dann kleinere Bewegungen. Bald trifft er genau den von der Kreuzung der Fäden bedeckten Punkt. Ein gegebenes Zeichen sagt ihm, dass er's getroffen; mit einem Bohrer macht er ein Loch in das Eis und rammt einen Pfahl ein. Dann geht er weiter und nimmt genau in derselben Weise den zweiten Punkt auf. Sind erst ein paar Pfähle eingerammt, so ist der Gehülfe sehr schnell im Stande, die übrigen Punkte aufzunehmen. Jede erforderliche Zahl von Pfählen kann so in gerader Linie quer über den Gletscher gepflanzt werden.

159. Am nächsten Morgen messen wir die Bewegung sämmtlicher Pfähle. Wir bringen den Höhenmesser wieder in seine frühere Stellung und richten ihn auf das sorgfältigste wagerecht. Wir stellen das Fernrohr erst auf den Visirpunkt auf der gegenüberliegenden Thalseite ein, indem wir es mit der Stellschraube bewegen, bis der Kreuzungspunkt der Fäden genau den Visirpunkt deckt. Das Fernrohr wird nun heruntergelassen bis auf den ersten Pfahl, neben dem auch schon unser geübter Gehülfe steht. Er ist jetzt mit einem Zollstock versehen. Ein Blick zeigt uns, dass der Pfahl sich nach unten bewegt hat. Auf unsere Zeichen nimmt der Gehülfe wieder den Punkt auf, von dem wir gestern ausgingen und bestimmt dann die Entfernung von diesem Punkt bis zum Pfahl. Nehmen

wir an, dass sie sechs Zoll beträgt; so weit hat sich also der Pfahl fortbewegt.

160. Wir notiren sorgfältigst auf Stunde und Minute die Zeit der Eintreibung jedes Pfahls, und dann wieder auf Stunde und Minute die Zeit der Messung seiner Entfernung vom ersten Standort; das setzt uns in Stand, die genaue tägliche Bewegung eines gegebenen Punktes zu berechnen. Die Strecken, durch welche sich die andern Pfähle bewegt haben, werden vollkommen auf dieselbe Art und Weise bestimmt.

161. So begeben wir uns denn an die Arbeit, indem wir erst immer unserm Verstande klar machen, was zu thun ist, und uns dann vergewissern, dass es mit Genauigkeit gethan wird. Um unserm Werk eine wirkliche Unterlage zu geben, werde ich die auf der Mer de Glace 1857 tatsächlich ausgeführten Messungen und die damals angestellten Betrachtungen hier anführen. Das Einzige, was ich von Ihrer Einbildungskraft verlange, ist, dass Sie sich vorstellen, dass wir die Beobachtungen zusammen anstellen. Der Mühe der Messungen hat sich grösstentheils Herr Hirst unterzogen.

§. 22. Bewegung der Mer de Glace.

162. Am 14. Juli also finden wir uns am Fusse des Glacier des Bois, nicht weit von der Quelle des Arveiron. Wir richten unser Fernrohr quer

über den Gletscher und stellen den Durchschnittspunkt des Spinnfädenkreuzes ganz genau auf die Kante einer Eisspitze ein. Wir lassen das Instrument unberührt stehen und sehen von Stunde zu Stunde durch das Glas. Die Eiskante bewegt sich langsam, aber stetig an den Fäden vorbei und nach Verlauf von drei Stunden vergewissern wir uns, dass die Bewegung schon einige Zoll ausmacht. Während wir nahe bei dem Gewölbe des Arveiron stehen und besprechen, ob wir hineingehen sollen, gibt sein Dach nach und stürzt mit Donnergetöse ein. Es ist also nicht ohne Grund, dass ich Sie warnte, im Sommer in diese Gewölbe zu gehen.

163. Wir steigen zum Montanvert-Wirthshaus hinauf, nehmen dort Quartier und steigen dann zur Seitenmoräne des Gletschers, ein wenig unterhalb des Wirthshauses, hinab. Hier richten wir unsern Messapparat auf und markiren mit dem Bleiloth genau seinen Standort. Wir müssen erst sicherstellen, dass unsere Linie senkrecht oder doch ziemlich senkrecht auf der Achse oder Mittellinie des Gletschers steht. Unser bewährter Gehülfe legt einen langen Stab in der Richtung der Achse hin; er zielt mit dem Auge von oben und von unten, bis er die wahre Richtung findet. Mit einem zweiten, auf unser Instrument gerichteten Stab in der Hand, verändert er so lange seine Stellung, bis der zweite Stab lothrecht auf dem ersten steht. Dann gibt er ein Zeichen. Wir richten unser Fernrohr auf ihn, und indem wir es dann

allmählich in senkrechter Ebene erheben, finden wir einen Visirpunkt an der andern Seite des Gletschers, den wir in unser Buch einzeichnen. Mit der Kenntniss dieses Punktes und der Markirung des Bleiloths können wir in Zukunft jeden Tag unsere Linie wieder auffinden. (Um die Messungen anschaulicher zu machen, lege ich auf folgender Seite einen Umrissplan der Mer de Glace und ihrer Nebengletscher bei.)

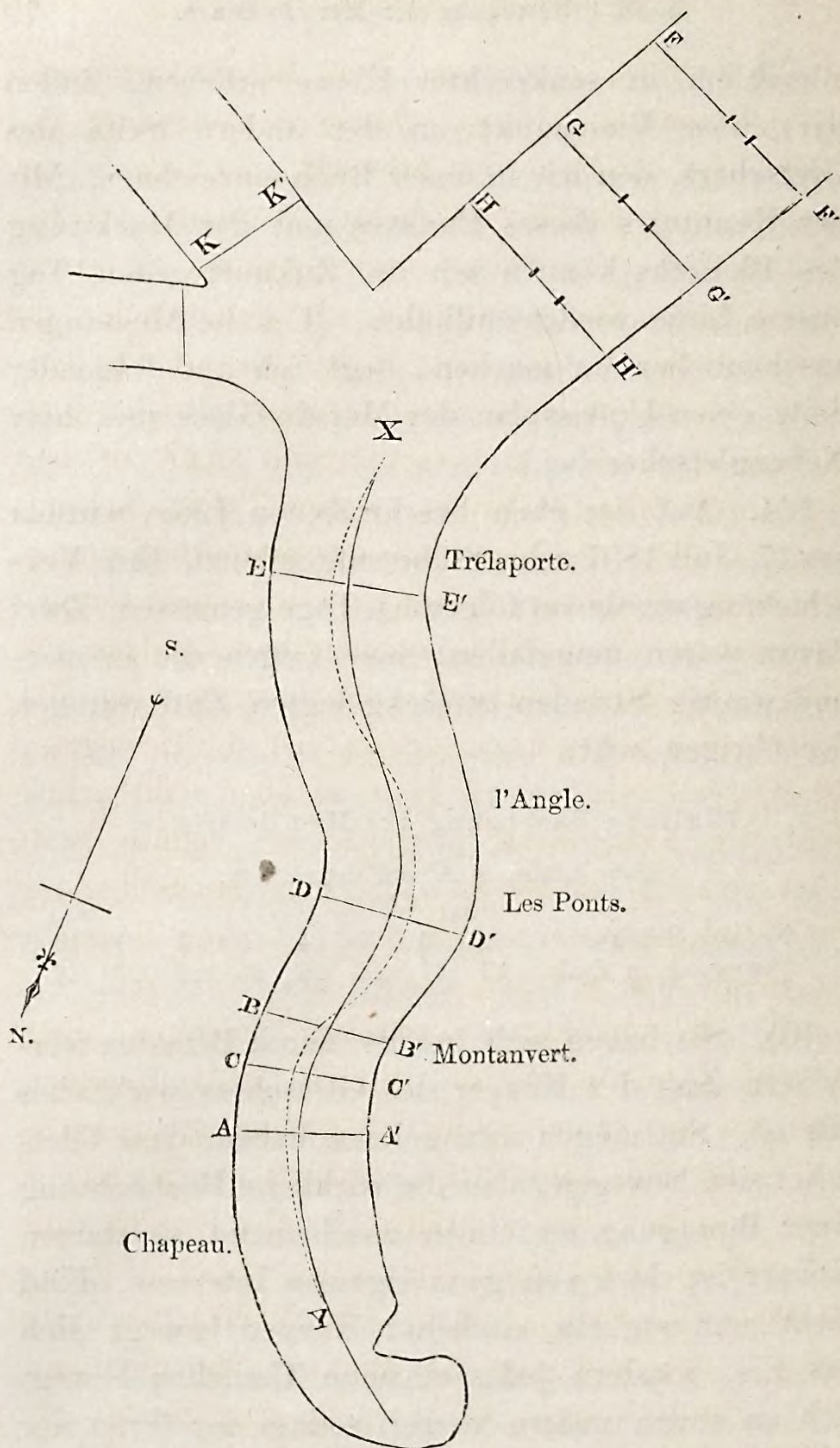
164. Auf der eben beschriebenen Linie wurden am 17. Juli 1857 zehn Stäbe aufgepflanzt. Ihre Verschiebung wurde am folgenden Tage gemessen. Zwei davon waren umgefallen; hier folgen die in vierundzwanzig Stunden zurückgelegten Entfernungen der übrigen acht:

Tägliche Bewegung der Mer de Glace.

Erste Linie: A A' auf dem Plan:

	Ost							West
Nr. der Stöcke:	1	2	3	4	5	7	9	10
Bewegung in Zoll:	12	17	23	26	25	26	27	33

165. Sie haben sich bereits durch Betasten versichert, dass der Körper des Gletschers wirkliches Eis ist. Sie mögen nun gelesen haben, dass Gletscher sich bewegen, aber die wirkliche Beobachtung einer Bewegung an einem anscheinend so starren Körper ist doch von ganz eigenem Interesse. Und nicht nur wie ein einfacher Körper bewegt sich das Eis, sondern jedes einzelne Theilchen bewegt sich an einem andern vorbei, sodass der Grad der Bewegung eines Tags von 12 Zoll am Rande bis



Umrissplan der Mer de Glace und ihrer Nebengletscher, mit Angabe der gemessenen Linien.

zu 33 Zoll an einer von dem Rande entfernten Stelle zunimmt. Diese schnellere Bewegung des Eises in der Mitte der Gletscher ist schon von Agassiz und Forbes beobachtet worden; wir bestätigen ihre Ergebnisse und schreiten zu etwas Neuem fort. Ueberschreiten wir den Glacier du Géant, welcher über die Hälfte des Thals einnimmt, so finden wir, dass unsere Stabreihe noch nicht zu Ende ist. Der zehnte Stab steht auf dem Theile des Eises, welches von dem Talèfre kommt.

166. Nun ist die Bewegung der Seitentheile langsam, wegen der Reibung des Eises an seinen Grenzänden, und demnach sollte man denken, dass gerade in der Mitte zwischen den Grenzen, wo die Reibung der Seiten am geringsten ist, die Bewegung am grössten sein muss. Dies ist aber sichtbarlich nicht der Fall; denn obgleich der zehnte Stab näher an der östlichen, der Chapeau-Seite des Thals steht als der neunte, so überholt dennoch der zehnte den neunten täglich um sechs Zoll.

167. Hier haben wir etwas zu bedenken; aber ehe ein Naturforscher mit Ruhe etwas ergründen kann, muss er seiner Sache vollkommen sicher sein. Die vorliegende Linie lief quer über den Gletscher etwas unterhalb des Montanvert. Wir wollen nun eine zweite derartige Linie etwas oberhalb des Wirthshauses ziehen. Am 18. Juli bestecken wir diese Linie, und um die Wahrscheinlichkeit zu neuen Entdeckungen zu vermehren, stellen wir 31 Stäbe auf. Am folgenden Tage sind fünf davon

unbrauchbar geworden; aber hier folgen die Entfernungen, welche die übrigen 26 Stäbe in 24 Stunden zurückgelegt haben.

Zweite Linie: B B' auf dem Plan.

	Westen												
Nr. der Stäbe:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Zahl in Zoll:	8	11	12	15	15	16	17	18	19	20	20	21	21
Nr. der Stäbe:	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Zahl in Zoll:	21	23	23	23	21	23	21	25	22	22	23	25	26
	Osten												

168. Betrachten wir diese Zahlen. Die erste klare Thatsache, die sie offenbaren, ist ein Zunehmen des Grades der Bewegung vom Anfang bis zum Ende der Linie. Es finden jedoch kleine Unregelmässigkeiten statt; von 23 Zoll am 17. Stab fallen wir auf 21 Zoll am 18.; von 23 Zoll am 19. fallen wir auf 21 Zoll am 20.; von 25 Zoll am 21. fallen wir auf 22 Zoll am 22. und 23.; aber trotz dieser kleinen Abweichungen nach oben und nach unten bleibt doch das allgemeine Zunehmen der Bewegung offenbar. Nun könnten ja kleine Verschiebungen durch Schmelzen der Stäbe verursacht worden sein, die genügen würden, um jene geringen Abweichungen von der Stetigkeit im Wachsen der Bewegung zu erklären. Aber noch eine andere Lösung ist möglich. Wir werden später sehen, dass der Gletscher nicht nur durch seine Ränder, sondern auch durch sein Bett aufgehalten wird, und dass die obern Schichten des Eises über die untern fortgleiten. Wenn sich nun in dem Bett der Mer de Glace hier und da Erhöhungen des

Bodens befänden, die nahe genug an die Oberfläche heraufreichten, um die Bewegung der Oberfläche zu verzögern, so würden dieselben die oben erwähnten Unregelmässigkeiten hervorbringen können.

169. Wir merken uns noch besonders, da wir einmal auf dem Eise sind, dass der 26. Stab wie der zehnte auf unserer ersten Linie viel näher am östlichen als am westlichen Rand des Gletschers steht; die Messungen liefern also den fernern Beweis, dass die Mitte dieses Theils des Gletschers nicht die Stelle der schnellsten Bewegung ist.

§. 23. Ungleiche Bewegung der beiden Seiten der Mer de Glace.

170. Aber weder auf der ersten, noch auf der zweiten Linie waren wir im Stande, unsere Messungen über die ganze Breite des Gletschers auszudehnen. Und warum nicht? Indem wir eine Sache anstreben, gelangen wir oft zur Kenntniss einer andern; so auch in der Wissenschaft: wenn wir nur ausharren bei unserm Werk, verwandeln sich unsere Niederlagen in Mittel zur Belehrung. Wir pflanzten unsern Höhenmesser zuerst auf der Seitenmoräne der Mer de Glace auf, in der Erwartung, von hier aus den Gletscher von einer Seite zur andern beherrschen zu können. Aber wir sind jetzt enttäuscht worden. Es erweist sich, dass der Gletscher in der Mitte höher ist als an

den Seiten, und so war denn auf unsern beiden letzten Standpunkten die Aussicht auf das Eis an der entgegengesetzten Seite des Gletschers durch die Erhöhung der Mitte versperrt. Die Bergabhänge sind im Sommer warm: sie schmelzen das ihnen zunächstliegende Eis und verursachen dadurch einen Abfall von der Mitte nach den Seiten.

171. Aber drüben auf der Höhe an der andern Seite des Gletschers glauben wir einen geeigneten Platz für unsern Höhenmesser zu sehen. Wir überschreiten den Gletscher und pflanzen unser Instrument auf einem Punkt auf, von dem wir den Gletscher von einer Seite zur andern übersehen. Unsere erste Linie lag unterhalb des Montanvert, unsere zweite darüber; diese dritte Linie befindet sich genau dem Montanvert gegenüber; in der That ist der Anhaltepunkt, auf den wir mit dem Fadenkreuz im Fernrohr visiren, eine Ecke an einem der Fenster des kleinen Wirthshauses. Auf dieser Linie befestigen wir am 20. Juli 12 Stäbe. Am 21. ist einer davon umgefallen; aber die Entfernung der übrigen 11 Stäbe nach 24 Stunden stellte sich folgendermassen dar:

Dritte Linie: C C' auf dem Plan:

	Osten										Westen	
Nr. der Stäbe:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Bewegung in Zoll:	20	23	29	30	34	28	25	25	25	18	9	

172. Der erste und der elfte Stab in dieser Reihe standen nahe an den beiden Seiten des Gletschers. Auf der östlichen Seite hat die Bewegung 20 Zoll

betragen, auf der westlichen Seite nur 9 Zoll. Sie steigt auf der östlichen Seite von 20 bis zu 34 Zoll am fünften Stab, welcher, wie wir sehen können, wenn wir auf das Eis treten, viel näher an der östlichen als an der westlichen Seite steht. Das vereinigte Ergebniss der Beobachtungen an diesen drei Linien stellt die Thatsache ausser Zweifel, dass gegenüber dem Montanvert, sowie unweit oberhalb und unterhalb desselben die ganze östliche Seite des Gletschers sich schneller bewegt als seine westliche Seite.

§. 24. Vermuthung einer neuen Aehnlichkeit der Gletscherbewegung mit der Bewegung der Flüsse.
Prüfung dieser Vermuthung.

173. Hier haben wir Veranlassung zum Nachdenken; sind doch die Thatsachen verhältnissmässig werthlos, wenn sie nicht diese Bethätigung des Verstandes hervorrufen. Eben weil die Dinge in der Natur nicht einzeln vorkommen, sondern in Verbindung stehen, muss auch die Wissenschaft, die ihnen nachspürt, ein verbundenes Ganzes bilden. Der Verstand des Naturforschers muss gleichsam ein Gewebe von Gedanken sein, das in allen seinen Fäden dem Gewebe der Dinge in der Natur entspricht.

174. Lasst uns denn zu einem Punkt aufsteigen, der eine gute Aussicht über diesen Theil der Mer

de Glace gewährt. Der Eisstrom, wie wir sehen, ist nicht gerade, sondern gekrümmt, und zwar um den Montanvert als Mittelpunkt, das heisst seine convexe Seite ist östlich, seine concave Seite westlich gelegen (man vergleiche den Plan). Sie haben schon die Thatsache erwogen, dass sich ein Gletscher in mancher Beziehung wie ein Fluss bewegt. Wie bewegt sich denn ein Fluss durch ein gekrümmtes Bett? Das ist bekannt genug! Träte an Stelle des Eises der Mer de Glace Wasser, so würde bei dem Montanvert die schnellste Bewegung nicht in der Mitte des Stroms, sondern an einem östlich von der Mitte liegenden Punkte stattfinden. Ist es möglich, dass dieser „Wasserfelsen“, wie Eis manchmal genannt wird, in dieser Beziehung sich so sehr dem Wasser gleich verhält?

175. Dieser Gedanke steigt auf der Stelle in uns auf. Er mag richtig sein oder nicht; die Mittel, ihn zu prüfen, liegen zur Hand. Sehen wir am Gletscher hinauf, so bemerken wir, dass er bei Les Ponts gleichfalls gekrümmt ist und dass dort seine convexe Krümmung nach der westlichen Thalseite zu liegt (s. auf dem Plan). Ist unsere Vermuthung begründet, so muss der Punkt der schnellsten Bewegung Les Ponts gegenüber westlich von der Achse des Gletschers liegen.

176. Prüfen wir nun diese Annahme! Am 25. Juli befestigen wir auf einer quer über diesen Theil des Gletschers gezogenen Linie 15 Stäbe; sie bleiben alle fest stehen und am 26. finden wir, dass

sie sich in 24 Stunden folgendermassen fortbewegt haben:

Vierte Linie: D D' auf dem Plan:

	Ost								
Nr. der Stäbe:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Bewegung in Zoll:	7	8	13	15	16	19	20	21	21
Nr. der Stäbe:	10	11	12	13	14	15			
Bewegung in Zoll:	23	23	21	22	17	15			
	West								

177. Schon mit blossem Auge sehen wir, dass Stäbe Nr. 10 und 11, bei denen der Gletscher seine grösste Bewegung erreicht, bedeutend im Westen von der Achse des Gletschers liegen. So weit hätten wir denn eine vollkommene Bestätigung der Muthmassung, welche uns bewog, diese Messungen anzustellen. Sie bemerken hier wol, dass die Muthmassungen in der Wissenschaft nicht ein Werk des Zufalls, sondern die Frucht besonnenen Nachdenkens über vorliegende Thatsachen sind. Die Muthmassung ist die Induction (Ableitung) von den Thatsachen, die durch den Prüfstein darauffolgender Versuche bestätigt oder verworfen werden muss.

178. Und obgleich wir jetzt zwar ausserordentlich starken Grund haben, zu behaupten, dass der Punkt der grössten Schnelligkeit dem Gesetz der Bewegung flüssiger Körper unterworfen ist, so wird doch die Beweiskraft unserer Schlussfolgerung noch verdoppelt werden, wenn wir zeigen können, dass jener Punkt sich an einer andern Krümmungsstelle wieder nach der östlichen Seite der Achse verschiebt. Glücklicherweise gibt es eine solche Stelle gegen-

über Trélaporte. Hier ist die convexe Biegung des Thals wieder nach Osten gerichtet. Quer über diesen Theil des Gletschers wurde am 28. Juli eine Linie abgesteckt, und nach den am 31. gemachten Messungen stellte sich das Mass der Bewegung in 24 Stunden heraus wie folgt:

Fünfte Linie: E E' auf dem Plan:

	West							
Nr. der Stäbe:	1	2	3	4	5	6	7	8
Bewegung in Zoll:	11	14	13	15	15	16	17	19
Nr. der Stäbe:	9	10	11	12	13	14	15	
Bewegung in Zoll:	20	19	20	18	16	15	10	
							Ost	

179. Auch hier zeigt uns die Schätzung der Entfernung mit blossem Auge, dass die drei Stäbe, welche sich am schnellsten bewegt hatten, d. i. der 9., der 10. und der 11., alle östlich von der mittlern Linie des Gletschers standen. Der Beweis, dass der Punkt der schnellsten Bewegung quer über die Achse herüber und hinüber wandert, je nachdem sich die Biegung des Thals verändert, ist also — soll ich sagen vollständig?

180. Noch nicht! — Denn sobald uns sicherere Beweismittel zu Gebote stehen, dürfen wir uns nicht an Schätzungen mit dem Auge genügen lassen. Wir haben eine Messkette bei uns; rollen wir dieselbe auf und messen wir diese Linien, die Entfernung eines jeden Stabes von dem Rande des Gletschers notirend. Dies ist keine leichte Aufgabe, zwischen den Spalten und Schründen, aber ich vertraue es Herrn Hirst und Ihnen zuversicht-

lich an. Wir können nachher Vergleiche anstellen zwischen einer Anzahl von Stäben auf der östlichen Seite mit einer ebenso grossen Anzahl von Stäben, die auf der westlichen Seite mit denselben Entfernungszwischenräumen gepflanzt wurden. Z.B. wir vergleichen ein paar Stäbe, von denen der eine 10 Ellen vom östlichen Rand entfernt, der andere 10 Ellen vom westlichen Rand entfernt steht; oder ein anderes Paar, einer 50 Ellen weit vom östlichen, der andere 50 Ellen weit vom westlichen Rand, und so fort. Zur Vereinfachung der Nachweisung wollen wir solche Paare verglichener Punkte äquivalente Punkte nennen.

181. Auf unserer vierten Linie D D' befanden sich fünf Paar solcher Punkte; hier folgt das Verhältniss ihrer Schnelligkeit:

Oestliche Punkte:	Bewegung in Zoll:	13	15	16	18	20
Westliche Punkte:	»	»	»	15	17	22 23 23

Bei jedem Paar hier hat sich der Stab auf der westlichen Seite schneller bewegt als der äquivalente auf der östlichen Seite.

182. Machen wir dieselbe Probe auf unserer fünften Linie E E', so bekommen wir die folgende Reihe des Schnelligkeitsverhältnisses von drei Paaren äquivalenter Punkte:

Oestliche Punkte:	Bewegung in Zoll:	15	18	17
Westliche Punkte:	»	»	»	13 15 19

183. Hier bewegen sich die drei Punkte auf der östlichen Seite schneller als die äquivalenten Punkte auf der westlichen Seite.

184. Es wird hierdurch bewiesen:

I. Dass gegenüber dem Montanvert die östliche Hälfte der Mer de Glace sich schneller bewegt als die westliche Hälfte.

II. Dass gegenüber Les Ponts die westliche Hälfte des Gletschers sich schneller bewegt als die östliche Hälfte.

III. Dass gegenüber Trélaporte wieder die östliche Hälfte des Gletschers sich schneller bewegt als die westliche Hälfte.

IV. Dass diese Veränderungen der Stelle der grössten Bewegung sich nach den Biegungen des Thals richten, durch welches die Mer de Glace ihren Lauf nimmt.

§. 25. Neues Gesetz der Gletscherbewegung.

185. Geben wir diesen Thatsachen noch einen andern Ausdruck! Nehmen wir an, die Punkte der schnellsten Bewegung wären auf einer sehr grossen Anzahl die Mer de Glace quer durchschneidender Linien festgestellt worden, so würde eine alle diese Punkte verbindende Linie das darstellen, was Mathematiker den geometrischen Ort der Punkte der schnellsten Bewegung nennen.

186. Bei Trélaporte würde diese Linie östlich von der Mittellinie, bei Les Ponts westlich von der Mitte liegen, sodass sie bei dem Uebergang von Trélaporte nach Les Ponts die Mittellinie des Gletschers durchschneiden würde. Aber bei Montanvert

würde sie wieder östlich von der Mitte liegen, also zwischen Les Ponts und Montanvert würde sie die Mittellinie zum zweiten mal durchkreuzen. Wären noch mehr Krümmungen auf der Mer de Glace, so müssten auch noch mehr Durchkreuzungen der Achse des Gletschers stattfinden.

187. Die Punkte auf der Achse, welche den Uebergang der Krümmung von Osten nach Westen und umgekehrt bezeichnen, können Wendepunkte der Krümmung genannt werden.

188. Was auf der Mer de Glace wahr ist, trifft auch bei allen andern sich durch geschlängelte Thäler bewegenden Gletschern zu, sodass die auf der Mer de Glace festgestellten Thatsachen zu folgendem allgemeinen Gesetz der Gletscherbewegung erweitert werden können:

Wenn ein Gletscher sich durch ein geschlängeltes Thal bewegt, so fällt der geometrische Ort der Punkte der schnellsten Bewegung nicht mit der Mittellinie des Gletschers zusammen, sondern derselbe liegt im Gegentheil stets auf der convexen Seite der Mittellinie. Der geometrische Ort jener Punkte ist daher eine stärker gekrümmte Schlangenlinie als das Thal selbst und durchschneidet die Achse des Gletschers auf jedem Wendepunkt der Krümmung.

189. Die punktirte Linie auf dem Planumriss (s. S. 80) zeigt den geometrischen Ort der schnellsten

Bewegung an, die ausgezogene Linie stellt die Mitte des Gletschers dar.

190. Setzen wir das Wort Fluss an Stelle von Gletscher, so gilt das Gesetz ebenfalls. Die Bewegung des Wassers ist genau denselben Bedingungen unterworfen wie die Bewegung des Eises.

191. Wenden wir nun unser Gesetz zur Beseitigung einer Schwierigkeit an. Zu den von Herrn Agassiz auf dem Unteraargletscher sorgfältig angestellten Messungen zurückkehrend, finden wir in der Abhandlung über diese Messungen einen Abschnitt des *Système Glaciaire*, welches den „Wanderungen der Mitte“ gewidmet ist. Es wird dort gezeigt, dass die Mitte des Unteraargletschers nicht immer der Punkt der schnellsten Bewegung ist. Diese Thatsache hatte bisher keine Erklärung gefunden, aber ein Blick auf den Unteraargletscher oder auf die Karte des Thals zeigt, dass die Lösung des Räthsels eine Erläuterung zu dem eben auf der *Mer de Glace* gefundenen Gesetz abgibt.

§. 26. Bewegung der Achse der *Mer de Glace*.

192. Wir haben nun den Grad der Bewegung von fünf verschiedenen Linien quer über dem Stamm der *Mer de Glace* gemessen. Bewegen sie sich alle gleichmässig? Nein. Wie ein Fluss bewegt sich ein Gletscher an verschiedenen Stellen mit verschiedener Geschwindigkeit. Wenn wir die Punkte der schnellsten Bewegung auf allen fünf

Linien vergleichen, erhalten wir folgendes Resultat:

Bewegung der Mer de Glace.

Bei Trélaporte	20 Zoll in 24 Stunden.
Bei Les Ponts	23 » » » »
Oberhalb Montanvert	26 » » » »
Bei Montanvert	34 » » » »
Unterhalb Montanvert . . .	33* » » » »

193. Es findet also eine Zunahme an Schnelligkeit statt, wenn wir den Gletscher von Trélaporte nach dem Montanvert hinab verfolgen; die stärkste Bewegung bei Montanvert ist täglich um 14 Zoll grösser als bei Trélaporte.

§. 27. Bewegung der Nebengletscher.

194. Soweit der Stamm- oder Hauptgletscher. Lasst uns nun die Zweige untersuchen, indem wir erst, wie bisher, über Bekanntes nachdenken, ehe wir uns anschicken, Unbekanntes entdecken zu wollen.

Als wir auf unserer „Kluftstation“ standen, von der wir einen so herrlichen Ueberblick über die Mer de Glace hatten, fiel uns die Thatsache auf, dass einige der Nebenströme des Gletschers breiter als der Gletscher selbst sind. Angenommen, Wasser befände sich an Stelle des Eises, wie, glauben Sie,

* Dies ist wahrscheinlich zu niedrig gegriffen. Ich halte es für möglich, dass die schnellste Bewegung auf diesem Theil der Mer de Glace 1857 bis zu einer Elle in 24 Stunden betrug. — (Eine englische Elle [Yard] = 36 englische Zoll.)

würde es sich verhalten? Ohne Zweifel würden Sie den Schluss ziehen, dass die Bewegung durch die breiten und wenig geneigten Thäler des Géant und des Léchaud hinab verhältnissmässig langsam wäre, aber dass das Wasser sich mit erhöhter Schnelligkeit durch die „Engen“ von Trélaporte drängen müsse. Prüfen wir nun diesen Satz mit Bezug auf das Eis.

196. Unsere Höhenmesser im Schatten des Mont Tacul aufpflanzend, wählen wir einen geeigneten Punkt auf der gegenüberliegenden Seite des Glacier du Géant und befestigen am 29. Juli eine Reihe von 10 Stäben quer über den Gletscher. Die Bewegung dieser Linie in 24 Stunden war wie folgt:

Bewegung des Glacier du Géant.

Sechste Linie: HH' auf dem Plan:

Nr. der Stäbe:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Bewegung in Zollen:	11	10	12	13	12	13	11	10	9	5

197. Unsere Behauptung hat sich hier vollkommen als zutreffend erwiesen. Die grösste Bewegung beträgt hier in 24 Stunden 7 Zoll weniger als die der Mer de Glace bei Trélaporte (s. Satz 192).

198. Und nun der Zweiggletscher des Léchaud. Am 1. August befestigen wir auch hier 10 Stäbe quer über den Gletscher oberhalb des Punktes, wo sich der Talèfre anschliesst. Am 3. August gemessen und auf 24 Stunden berechnet, fanden wir folgende

Bewegung des Glacier de Léchaud.

Siebente Linie: K K' auf dem Plan:

Nr. der Stäbe:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Bewegung in Zollen:	5	8	10	9	9	8	6	9	7	6

199. Hier ist eine noch bessere Bestätigung unserer Schlussfolgerung, indem der Grad der Bewegung hier noch geringer als auf dem Géant ist.

§. 28. Bewegung des Gletschers an der Oberfläche und an der Bodenfläche.

200. Wir haben hier die ausreichendsten und mannichfaltigsten Anzeigen dafür, dass die Seiten eines Gletschers wie die eines Flusses durch Reibung gegen die Einfassungswände aufgehalten werden. Aber hier hört die Aehnlichkeit noch nicht auf. Die Bewegung eines Flusses wird durch Reibung gegen sein Bett aufgehalten. Zwei Forscher, Professor Forbes und Herr Charles Martin wetteifern, um zu zeigen, dass dasselbe bei einem Gletscher der Fall ist. Die Behauptungen der Beiden sind angegriffen worden; daher ist es um so wichtiger für uns, eine entscheidende Bestätigung zu suchen.

201. Bei dem Tacul (nahe bei dem Punkt a auf dem Plan S. 99) hat eine ungefähr 150 Fuss hohe Eiswand bereits unsere Aufmerksamkeit erregt. Hier, wo der Glacier du Géant umbiegt, um sich mit dem Léchaud zu vereinigen, löst er sich von der Gebirgsseite los und stellt einen schönen Durch-

schnitt dar. Wir versuchen ihn zu messen an der Oberfläche, an der Basis und in der Mitte, aber zwei mal hintereinander machen wir vergebliche Anstrengungen. Ein dritter Versuch führt uns glücklich zum Ziel. Ein Stab wird am obersten Rand des Eisabhanges befestigt, ein zweiter 4 Fuss über dem Boden und ein dritter 35 Fuss über dem Boden. Bei der Befestigung der untern Stäbe laufen wir Gefahr, von herabfallendem Geröll getroffen zu werden, aber mit Vorsicht und Geschicklichkeit gelingt es uns doch, die Bewegung der drei Stäbe auszumessen. In 24 Stunden waren heruntergerückt:

Der oberste Stab	6 Zoll
Der mittlere »	$4\frac{1}{2}$ »
Der untere »	$2\frac{2}{3}$ »

202. Der verzögernde Einfluss des Gletscherbettes ist hiermit augenscheinlich bewiesen. Die Basis bewegt sich nicht halb so schnell wie die Oberfläche.

§. 29. Seitliche Pressung eines Gletschers.

203. Ausgerüstet mit den Kenntnissen, welche wir durch die bisherigen Arbeiten und Messungen erworben haben, steigen wir nun noch einmal zu unserer Station bei der Kluft unter der Aiguille de Charmoz hinauf. Bei unserm ersten Besuch sahen wir die Mittelmoränen des Gletschers, aber wir wussten nichts über ihre Entstehung. Jetzt wissen wir, dass sie die Seitengletscher auf dem

Stamm- oder Hauptgletscher andeuten. Richten Sie nun Ihre Blicke zuerst auf den Glacier du Géant; machen Sie sich klar, wie breit er in seinem eigenen Thal ist, und sehen Sie nun, wie sehr er bei Trélaporte verengert wird. Noch überraschender ist, wie der breite Eisstrom des Léchaud auf der Mer de Glace zwischen seinen Einfassungsmoränen zu einem schmalen weissen Streifen zusammengequetscht wird. Der Talèfre unterliegt einer ähnlichen Pressung. Wir wollen nun hinabsteigen, unsere Messkette aufwickeln und die Breite der Zweiggletscher sowie den Grad ihrer bei Trélaporte erlittenen Zusammenpressung ausmessen und in Zahlen ausdrücken.

204. Wir finden den Glacier du Géant 5155 Glieder oder 1134 Ellen breit.

205. Die Breite des Glacier du Léchaud beträgt 3725 Glieder oder 825 Ellen.

206. Die Breite des Talèfre beläuft sich auf 2900 Glieder oder 638 Ellen.

207. Die Summe der Breiten der drei Zweiggletscher beträgt also 2597 Ellen.

208. Bei Trélaporte werden diese drei Zweiggletscher durch eine Schlucht von 893 Ellen Breite, ein Drittel ihrer vorigen Breite, mit einer Schnelligkeit von 20 Zoll in 24 Stunden hindurch gezwängt.

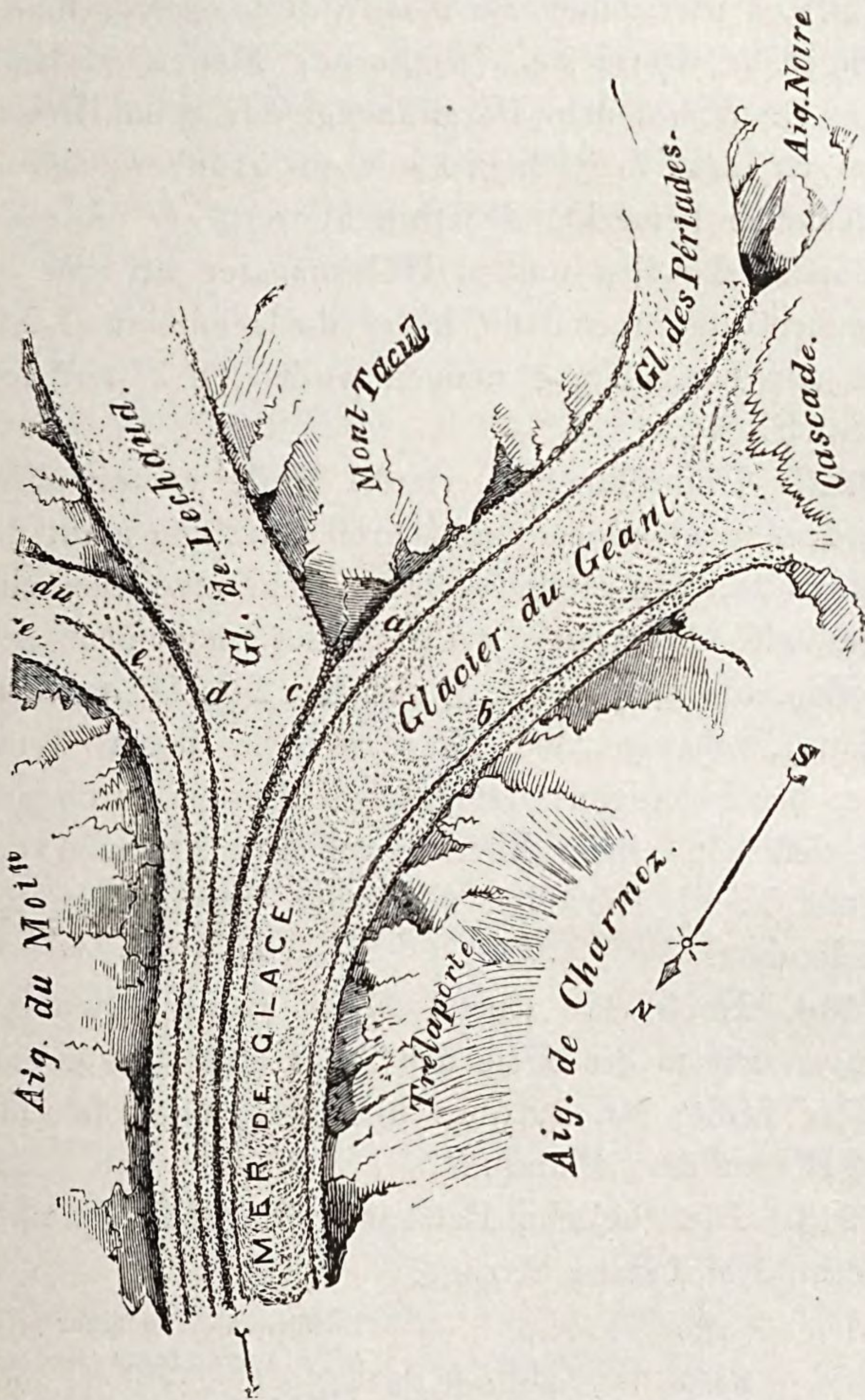
209. Beschränken wir unsere Betrachtung auf den Glacier de Léchaud, so begegnen wir noch erstaunlichen Thatsachen. Vor seiner Vereinigung mit dem Talèfre hat dieser Gletscher eine Breite

von 825 Ellen; auf dem Wege durch die Kinnbacken des Granitrachens bei Trélaporte wird seine Breite auf 88 Ellen, oder in runden Zahlen auf den zehnten Theil seiner vorigen Breite verringert. (Siehe die Skizze auf folgender Seite.)

210. Sollen wir hieraus entnehmen, dass das Eis des Léchaud auf ein Zehntel seines frühern Rauminhalts zusammengedrückt wird? Keineswegs. Es ist nur eine Veränderung der Form, nicht des Inhalts, die bei Trélaporte vor sich geht. Vor seiner Pressung hat der Gletscher Aehnlichkeit mit einer Platte von Eis, welche flach liegt auf seinem Bett; nach seiner Zusammenpressung gleicht er einer Platte, welche auf ihrer Kante steht. Die Quetschung hat ohne Zweifel das Eis tiefer gemacht.

§. 30. Pressung eines Gletschers der Länge nach.

211. Das Eis wird durch die Schlucht von Trélaporte vermittels eines Drucks von hinten gezwängt; in der That stellt der Glacier du Géant unmittelbar über Trélaporte einen Kolben oder Stöpsel dar, welcher das Eis durch die Schlucht drängt. Welche Wirkung muss dieser Druck auf den Kolben selbst haben? Einiges Nachdenken macht es wahrscheinlich, dass der Druck den Stöpsel verkürzen wird; dass der untere Theil des Glacier du Géant bis zu einem gewissen Grade dem Druck von hinten nachgeben wird.



Skizze der Moränen a, b, c, d, e der Mer de glace.

212. Untersuchen wir diese Voraussetzung näher. Ungefähr dreiviertel (englische) Meilen oberhalb des Tacul, an dem Bergabhang, der beim Hinaufsteigen links liegt, haben wir ein grünbewachsenes Fleckchen bemerkt. Dorthin klettern wir nun; wir pflanzen daselbst unsern Höhenmesser auf und bestecken quer über den Glacier du Géant eine Linie, die wir Linie Nr. 1 nennen wollen (F F' auf dem Plan S. 80).

213. Ungefähr eine viertel Meile weiter unten entdecken wir einen passirbaren Durchgang auf der Bergseite; wir steigen dorthin und erreichen eine passende Abplattung, wo wir unser Instrument aufstellen, um eine zweite Linie, Nr. 2 (G G' auf dem Plane), abzustecken. Wir müssen unser Werk hier beschleunigen, denn durch diesen Durchgang werden von einem kleinen auf dem Abhange des Mont Tacul ruhenden Gletscher Steine herabgeschleudert.

214. Noch eine viertel Meile weiter unten gelangen wir in die Nähe des Tacul und stecken eine dritte Linie, Nr. 3, quer über dem Gletscher auf (H H' auf dem Plane).

215. Die tägliche Bewegung der Mittelpunkte dieser drei Linien beträgt:

			Entfernung von einer zur andern:	
Nr. 1	. .	Zoll: 20.55	}	Ellen: 545
Nr. 2	. .	» 15.43		
Nr. 3	. .	» 12.75		» 487

216. Die erste Linie hier bewegt sich um 5 Zoll

weiter als die zweite, und die zweite fast um 3 Zoll weiter als die dritte. Unsere Behauptung ist also bestätigt. Der Eisstöpsel, welcher in runder Zahl etwa tausend Ellen lang ist, wird durch den auf seine Vorderseite ausgeübten Druck um ungefähr 8 Zoll im Tage verkürzt.

217. Ein Fluss, der seinen Lauf durch das Thal des Géant nähme, würde sich wesentlich in derselben Weise verhalten. Er würde bei der Annäherung an Trélaporte den Grad seiner Schnelligkeit vermindern und würde sich durch den Engpass mit einer Geschwindigkeit stürzen, wie sie das hintere Wasser nicht besitzt.

§. 31. Schieben und Fliessen. Hartes und weiches Eis.

218. Bisher haben wir uns auf die Messungen und Beschreibung der Gletscherbewegung beschränkt; indessen sind uns auf unsern Wanderungen doch noch mancherlei andere Dinge aufgefallen. Hier und da, wo das Eis von der Bergseite abgetrennt war, fanden wir die Felsen gefurcht, gekerbt und geglättet: ein Beweis, dass das Eis sich über sie geschoben und sie abgeschliffen hatte. An der Quelle des Arveiron fanden wir das unter dem Gletscher hervorstürzende Wasser mit einer feinen Masse versetzt. Alle Gletscherflüsse sind in ähnlicher Weise versetzt. Die Rhône schleppt ihre Last an solcher Masse mit in den Genfersee; hier wird der schnelle Lauf des Stroms gehemmt, die

Masse senkt sich zu Boden und die Rhône verlässt den See klar und blau. Der Genfersee und viele andere schweizer Seen sind zum Theil mit dieser Masse angefüllt und werden, aller Wahrscheinlichkeit nach, endlich davon ganz verstopft werden.

219. Ein Theil der Bewegung eines Gletschers wird durch diese Verschiebung der ganzen Masse über ihr Bett verursacht.

220. Wir haben auf unsern Wanderungen über den Gletscher Ströme gesehen, die von dem schmelzenden Eis gebildet wurden und durch Risse und Spalten ihren Ausweg fanden. Die abgeschliffene feine Masse wird dadurch fortgespült, das Bett wird schlüpfrig erhalten und das Gleiten der Eismasse leichter gemacht, als sie ohnedies wäre.

221. Als Schlittschuhläufer wissen Sie, wie sehr das Eis durch ein Thauwetter an Festigkeit verliert. Ehe es wirklich schmilzt, wird es brüchig und unsicher. Untersuchen Sie solches Eis mit Ihrem Taschenmesser, Sie können leicht die Klinge hineinstossen und vermögen es bequem zu zerschneiden. Versuchen Sie dasselbe an gutem, starkem Eis: es leistet weit mehr Widerstand. In der That gleicht das erstere weicher Kreide, das andere hartem Stein.

222. Nun befindet sich die Mer de Glace im Sommer in solchem Thauwetterzustand. Ihr Eis wird durch die Sonne weich und nachgiebig gemacht, ihre Bewegung dadurch erleichtert. Wir haben gesehen, dass der Gletscher nicht nur über

sein Bett gleitet, sondern dass sich die obern Schichten über die untern schieben und die Mitte an den Seiten vorbei. Je weicher und nachgiebiger das Eis ist, um so freier kann es diese Bewegungen ausführen und um so leichter wird es durch einen Engpass wie Trélaporte gedrängt.

223. Aber im Winter hört das Thauen auf; die Menge des Wassers, welche in das Bett des Gletschers abläuft, wird geringer oder hört vollkommen auf. Das Eis ist dann auch bis zu einer gewissen Tiefe hart gefroren. Diese Umstände würden zu der Ansicht berechtigen, dass der Gletscher im Winter, wenn er sich überhaupt bewegt, dies viel langsamer als im Sommer thut. Auf alle Fälle geben die im Sommer angestellten Messungen keinen Aufschluss über die Bewegung im Winter.

224. Dieser Punkt verdient ernstlich erwogen zu werden. Indessen will ich Ihnen nicht zumuthen, die Alpen mitten im Winter zu besuchen; aber wenn Sie erlauben, werde ich Ihr Abgeordneter in den Bergen sein, und werde Ihnen treulich berichten, welchen Anblick die Gegend bietet und wie sich das Eis verhält.

§. 32. Winter auf der Mer de Glace.

225. Der Winter, den wir wählen, ist kein milder. Schnee in London, Schnee in Paris, Schnee in Genf, Schnee bei Chamouni so tief, dass die Hecken am Weg darunter verschwinden. In der Weihnachts-

nacht, nahe um Mitternacht, im Jahre 1859 kommt Ihr Abgeordneter in Chamouni an.

226. Dicker Schnee fiel am 26. December, aber am 27., als das Unwetter sich etwas legt, marschiren wir aus. Mit mir sind vier gute Führer und ein Träger; sie binden sich Breter unter ihre Füße, um nicht in den Schnee einzusinken; ich versäume diese Vorsicht und sinke oft bis zu den Hüften ein. Vier- oder fünfmal während wir hinaufsteigen, berstet der Abhang mit knallendem Getöse und der Schnee droht in Lavinen herunterzukommen.* Der frischgefallene Schnee war von jener eigenthümlichen Beschaffenheit, welche seine Körnchen anhaften lässt; eine jede auf die Bäume fallende Flocke blieb daher festsitzen. Die mit Schnee bedeckten Fichten stellten prächtige und oft phantastische Formen dar.

227. Nach fünf und einer halben Stunde harter Arbeit wurde der Montanvert erreicht. Wir schlossen das verlassene Wirthshaus auf, rund um welches der Schnee sich in Form von Schanzen aufgethürmt hatte. Ich habe schon von dem verwickelten Spiel krystallisender Kräfte gesprochen. Die Frostfiguren auf den Fensterscheiben des Wirthshauses waren wunderbar: Nachahmungen von Sträuchern und Farrnkräutern, von der bauenden Kraft zierlich

* Vier Jahre später, d. i. im Frühling 1863, fand ein gewaltiger Bergsteiger, ein edler Führer und Genosse von mir, Namens Johann Joseph Bennen, seinen Tod unter dem Schnee, der von solch einem Abhang infolge des Berstens herabrutschte.

gemodelt und festgehalten durch die Anziehungskraft zwischen dem Glas und dem Nebel, aus dem sie entstehen. Die Erscheinung des Gletschers machte einen grossen Eindruck auf uns; alle Töne waren verstummt. Die Wasserfälle, welche im Sommer mit ihrer Musik die Luft erfüllen, sie



Mit Schnee bedeckte Fichte.

schwiegen jetzt und hingen in zerfurchten Säulen von Eis von den Kanten der Felsen herab. Die Oberfläche des Gletschers war augenscheinlich höher, als sie im Sommer gewesen; dies gibt zu der Vermuthung Anlass, dass, während die Winterkälte das untere Ende des Gletschers festgeklemmt hält

zwischen seinen Wänden, die obern Theile sich noch abwärts bewegen und das Eis verdicken. Die Spitze der Aiguille du Dru entfaltete eine Wolkenfahne, deren Ursprung und Beschaffenheit wir schon (84) erklärt haben. (Siehe das Titelbild.)

228. Am Morgen des 28. Dec. war diese Fahne auffallend gross und breit; durch das Licht der aufgehenden Sonne geröthet, glühte sie wie eine Flamme. Um die Kämme des Grande Jorasse und an den Zinnen von Charmoz hingen auch rosige Wolken. Vier Männer, mit Stricken aneinandergebunden, stiegen nun zu dem Gletscher hinab. Ich hatte den einen 1857 eingeschult, dieser sollte jetzt die Stäbe befestigen. Der Sturm hatte den Schnee so vertheilt, dass der Gletscher der Länge nach abwechselnd dickbedeckte oder ganz freie Stellen hatte. Wo viel Schnee lag, bedurfte es grosser Vorsicht, da Spalten darunter versteckt sind. Die Männer prüften bei jedem Schritt mit ihren Stöcken den Weg. Einmal, während ich durch mein Fernrohr der Gesellschaft nachblickte, verschwand plötzlich der Vordermann; die Decke einer Spalte war gewichen unter seinen Füßen; aber die andern drei sammelten sich schnell rund herum und zogen ihn wieder heraus. Die richtige Linie war mit Hülfe des Instruments bald aufgefunden; die Stäbe wurden einer nach dem andern eingerammt, bis eine Reihe von elf Stäben quer über dem Gletscher stand.

229. Das Thal höher hinauf zu besteigen, war

unthunlich; der Schnee lag zu tief und das Wetter machte eine drohende Miene; so wurde denn der Höhenmesser zwischen den Fichten, ein wenig unterhalb des Montanvert aufgepflanzt, wo ich durch eine Lichtung über den Gletscher hin sehen konnte. Die Männer wurden hin und wieder ganz in wirbelnde Schneehaufen eingehüllt, und wir mussten uns bestreben, aus den kurzen Windstillen Vorthail zu ziehen. Stossweise kam der Wind das Thal herauf, die Luft verdunkelnd fing er den Schnee auf dem Gletscher, warf ihn, so weit sich der Gletscher erstreckte, in hohe und heftig bewegte Wolken auf, die voneinander wieder durch wolkenlose Zwischenräume, entsprechend den schneefreien Eisstellen, getrennt wurden. Inmitten dieses Aufruhrs setzten die Männer ihre Arbeit fort; muthig und standhaft wurde Stab auf Stab gepflanzt, bis wieder eine Reihe von zehn Stöcken quer über dem Gletscher befestigt war.

230. Mehrere Stäbe mussten in den Schnee gesteckt werden. Sie waren vier Fuss lang und wurden ungefähr drei Fuss tief eingegraben. Als ich in jener Nacht auf den wilden Ausbruch des Sturms lauschte, schien es mir möglich, dass die Stäbe und der Schnee vor Tagesanbruch vollständig weggefeht würden. Der Wind legte sich jedoch. Wir standen mit der Dämmerung auf, aber die Luft war dick vom herabfallenden Schnee. All der Schnee war aus jenen feinen sechsblättrigen Blumen oder sechsstrahligen Sternchen zusammen-

gesetzt, welche (§. 9) schon abgebildet und beschrieben worden sind. Als das Wetter sich aufklärte, wurde der Höhenmesser am Ende der ersten Linie aufgestellt. Die Männer stiegen hinab; geschult durch die frühern Erfahrungen führten sie schnell die Messungen aus. Die erste Linie war vor 11 Uhr vormittags vollständig aufgenommen. Wieder begann das Schneegestöber und erfüllte die ganze Luft. Unzählige Flimmer wurden über die Berge ausgeschüttet. Wider Erwarten konnten die Männer durch das Gestöber gesehen und geleitet werden.

231. Um den Platz für unser Instrument am Ende der zweiten Linie zu erreichen, musste ich brusttief durch Schnee waten, der so trocken und weich erschien wie Mehl. Ungeheuere Mühe kostete es den Männern auf dem Gletscher, den Schnee zu durchbrechen. Aber sie wankten nicht, und nach einiger Zeit stand der Führer hinter dem äussersten Stab und rief: „Nous avons fini!“ Ich war überrascht, ihn so deutlich zu hören, da man annimmt, dass fallender Schnee den Ton sehr dämpft. Das Werk war beendet und ich legte meinen Höhenmesser zusammen mit dem Gefühl eines Generals, der eine kleine Schlacht gewonnen hat.

232. Wir brachten das Haus wieder in Ordnung, packten ein und rutschten mit Windesschnelle an den steilen Wänden von La Filia nach der Grotte des Arveiron hinab. Der Fluss war wasserarm, aber nicht ausgetrocknet. Viele Wochen mussten

verstrichen sein, seitdem etwas Wasser von der Oberfläche des Gletschers heruntergekommen war. Aber bei Beginn des Winters waren die Spalten in grossem Masse mit Wasser angefüllt; der heutige Arveiron war also wahrscheinlich das Resultat der allmählichen Abtropfung (Drainage) des Gletschers. Jetzt war mit dem Eintritt in die Höhle keine Gefahr verknüpft, denn das Eis erschien so fest wie Marmor. In der Höhle waren wir in blaues Licht getaucht. Die seltsame Schönheit des Ortes hatte etwas Zauberhaftes und rief mir Geschichten von Feenschlössern, die ich als Knabe gelesen hatte, in das Gedächtniss zurück. An der Quelle des Arveiron war das Endziel unserer Winterreise auf die Mer de Glace erreicht; am nächsten Morgen befand sich Ihr Abgeordneter auf seinem Wege nach London.

§. 33. Bewegung der Mer de Glace im Winter.

233. Hier folgen die Ergebnisse der im Winter des Jahres 1859 ausgeführten Messungen.

Linie Nr. 1.

Nr. der Stöcke:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Zahl der Zoll:	7	11	14	13	14	14	16	16	12	12	7

Linie Nr. 2.

Nr. der Stöcke:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Zahl der Zoll:	8	10	14	16	16	16	18	17	15	14

234. Also beläuft sich die Bewegung der Mer de Glace nahe dem Montanvert im Winter in run-

110 §. 34. Bewegung d. Grindelwald- u. des Aletschgletschers.
den Zahlen ausgedrückt auf die Hälfte der Sommerbewegung.

235. Wie im Sommer bewegt sich die östliche Seite des Gletschers an dieser Stelle schneller als die westliche.

§. 34. Bewegung des Grindelwald- und des Aletschgletschers.

236. Betreffs der Frage der Bewegung haben wir uns keinem andern Gletscher mit solcher Gründlichkeit gewidmet, wie der Mer de Glace. Wir sind indessen im Stande, einige an andern berühmten Gletschern angestellte Messungen hinzuzufügen. Bei dem Dörfchen Grindelwald im Berner Oberland befinden sich zwei grosse Eisströme, die nach ihrer Lage der Obere und Untere Grindelwaldgletscher heissen, und von denen der zweite vielfach von Alpenreisenden besucht wird. Quer über denselben hatten wir, Mr. Vaughan Hawkins und ich, am 6. August 1860 eine Reihe von 12 Stöcken befestigt. Am 8. gemessen und auf das tägliche Durchschnittsmass zurückgeführt, war die Bewegung dieser Stöcke folgende:

Bewegung des Untern Grindelwaldgletschers:

	Osten										Westen	
Nr. der Stöcke:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Zahl in Zoll:	18	19	20	21	21	21	22	20	19	18	17	14

237. Der Höhenmesser war hier ein wenig unterhalb des nach der höhern Gletscherregion führenden

Fusspfades, ungefähr eine Meile weit oberhalb des Ausgangs des Gletschers, aufgepflanzt worden. Die Messungen wurden durch Spalten sehr erschwert.

238. Der grösste Gletscher in der Schweiz ist der Grosse Aletschgletscher, auf den wir in der Folge noch zurückkommen werden. Quer über demselben wurde am 14. August 1860 von Mr. Hawkins und mir eine Reihe von 34 Stäben aufgepflanzt. Am 16. gemessen und auf ihr tägliches Durchschnittsmass berechnet, stellte sich die fortschreitende Bewegung folgendermassen heraus:

Bewegung des Grossen Aletsch-Gletschers:

	Osten												
Stäbe:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Bewegung in Zollen:	2	3	4	6	8	11	13	14	16	17	17	19	
Stäbe:	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23		
Bewegung in Zollen:	19	18	18	17	19	19	19	19	17	17	15		
Stäbe:	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34		
Bewegung in Zollen:	16	17	17	17	17	17	17	17	16	12	12		
	Westen												

239. Die stärkste Bewegung hier beträgt 19 Zoll im Tage. Wahrscheinlich ist der Gletscher auf der östlichen Seite flach, sodass die Hemmung des Bettes die Bewegung der östlichen Stöcke unbedeutend macht. Die Breite des Gletschers beträgt hier 9030 Kettenglieder oder ungefähr eine und ein Achtel englische Meile. Der Höhenmesser war hoch oben zwischen den Felsen auf der westlichen Flanke des Gebirges, ungefähr eine halbe Meile oberhalb des Märgelinsees, aufgestellt worden.

§. 35. Bewegung des Morteratschgletschers.

240. Weit im Osten des Oberlandes und in jenem interessanten Theile der Schweiz, welcher als das Ober-Engadin bekannt ist, liegt eine herrliche Gruppe von Bergen, nicht so hoch als die Berge im Oberland, aber dennoch von gewaltiger Erhabenheit. Die Gruppe erhält ihren Namen von ihrem hervorragendsten Gipfel, dem Piz Bernina. Um den Ort zu erreichen, fahren wir auf der Eisenbahn von Basel nach Zürich und von Zürich nach Chur, von wo wir mit dem Eilwagen entweder über den Albula- oder den Julierpass nach dem Dorfe Pontresina gelangen. Hier befinden wir uns in unmittelbarer Nähe der Berninaberger.

241. Von Pontresina können wir zu Fuss oder zu Wagen auf einem guten Fahrweg über den Berninapass nach Italien kommen. Ziemlich eine Stunde weit über dem Dorfe würden Sie von der Strasse aus mitten ins Gebirge hineinsehen und Ihre Blicke würden ein Thal durchschweifen, durch welches sich ein Gletscher von ansehnlicher Grösse erstreckt. An seinem Rücken entlang würden Sie eine Mittelmoräne sehen und Sie können kaum verfehlen, wahrzunehmen, wie die Moräne, die anfangs nur einen schmalen Streifen bildet, nach unten allmählich breiter wird, bis sie endlich das unterste Ende des Gletschers gänzlich bedeckt. Auch ist dies keine Wirkung der Perspective; denn wenn

Sie auf der Bergwand ständen, aus welcher der Gletscher hervorgeht, würden Sie von dort ebenfalls die Erweiterung des Schuttstreifens sehen, während hier die Perspective die Moräne nach unten hin schmaler erscheinen lassen müsste.

242. Der hier erwähnte Eisstrom ist der Morteratschgletscher, dessen Ende von dem Dorfe Pontresina zu Fuss in einer kleinen Stunde erreichbar ist. Wir haben nun seine Bewegungsschnelligkeit zu bestimmen und die Ursache der Erweiterung seiner Mittelmoräne zu finden.

243. Im Sommer des Jahres 1864 steckte ich mit Mr. Hirst drei Linien quer über diesen Gletscher ab. Die erste Linie kreuzte das Eis hoch oben, die zweite ein gutes Theil tiefer unten, und die dritte noch tiefer. Indessen befand sich auch die dritte Linie noch in beträchtlicher Entfernung über der eigentlichen Zunge des Gletschers. Das tägliche Vorrücken dieser drei Linien ergab sich, wie folgt:

Erste Linie:

Stäbe:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Bewegung in Zollen:	8	12	13	13	14	13	12	12	10	7	5

Zweite Linie:

Stäbe:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Bewegung in Zollen:	1	4	6	8	10	11	11	11	11	11	11

Dritte Linie:

Stäbe:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Bewegung in Zollen:	1	2	4	5	6	6	7	7	5	5	4

244. Vergleichen Sie nun diese Zahlenreihen miteinander! Sie bemerken, dass die Schnelligkeit der ersten Linie grösser als die der zweiten, die Schnelligkeit der zweiten grösser als die der dritten Linie ist.

245. Wir liessen diese Stablinien hundert Stunden lang abwärts wandern; nach Ablauf dieser Zeit hatten die Punkte der schnellsten Bewegung auf den drei Linien die folgenden Entfernungen zurückgelegt:

Höchster Grad der Bewegung in 100 Stunden.

Erste Linie		56 Zoll
Zweite Linie		45 »
Dritte Linie		30 »

246. Hier ist denn der Beweis geführt, dass die obern Schichten des Morteratschgletschers schneller als die untern fortrücken. Im vorigen Jahre, 1871, fand ich, dass die Bewegung eines Punktes in der Mitte des Gletschers nahe bei seiner Endzunge noch nicht zwei Zoll im Tage betrug!

247. Was ist nun die Folge dieses schnellern Vorrückens des obern Gletschers? Augenscheinlich eine Zusammenpressung dieser Mittelmoräne nach ihrer Länge, durch welche ihre Ausbreitung nach beiden Seiten verursacht wird. Wir haben hiermit die Ursache der Ausbreitung der Mittelmoräne deutlich und klar dargethan.

248. Es ist eine vielfach erörterte Frage gewesen, ob ein Gletscher im Stande ist, das Thal,

durch welches er sich bewegt, auszubaggern und zu vertiefen; und gerade dieser Morteratschgletscher ist angeführt worden, um zu beweisen, dass dies nicht der Fall sei. Beobachter begaben sich an die Zunge des Gletschers, und da sie dieselbe merklich unthätig fanden, schlossen sie, dass keine Ausbaggerung stattfände. Aber diejenigen, welche für das Vermögen der Gletscher, Thäler auszuhöhlen, eintraten, haben nie behauptet oder behaupten wollen, dass es die Zunge des Gletschers sei, welche diese Arbeit verrichte. Bei dem Morteratschgletscher muss diese Aushöhlungsthätigkeit, welche sicherlich in grösserm oder geringerem Masse von ihm ausgeübt wird, hoch oben im Thale bei weitem wirksamer sein als am Ende des Gletschers.

§. 36. Entstehung einer Spalte; Betrachtungen.

249. An der Vorstellung festhaltend, dass wir zusammen arbeiten, wollen wir uns jetzt auf ein neues Untersuchungsfeld begeben. — Nach hartem Tagewerk auf dem Glacier du Géant haben wir unsere Messkette zusammengerollt und befinden uns eben auf dem Heimweg; da hören wir auf einmal einen Knall unter unsern Füßen, als käme er aus dem Gletscher selbst. Etwas erschreckt blicken wir forschend über das Eis hin. Das Geräusch wiederholt sich, mehrere Schüsse folgen schnell aufeinander. Wir vernehmen sie manchmal zur Rechten, manchmal zur Linken, und es macht den

Eindruck, als bräche der Gletscher um uns herum in Stücke. Dennoch ist nichts zu sehen.

250. Wir prüfen das Eis Schritt für Schritt, und nach einer Stunde sorgfältigen Suchens haben wir die Ursache dieser Salven entdeckt. Sie verkünden die Geburt einer Spalte. Durch eine kleine Lache oben auf dem Gletscher sehen wir Luftblasen aufsteigen und finden den Boden der Lache von einem schmalen Riss durchkreuzt, aus dem die Blasen entspringen. Rechts und links von dieser Lache können wir den jungen Spalt auf weite Strecken verfolgen. Er ist stellenweise fast zu gering, um eine Messerscheide hineinzustecken.

251. Es ist schwer zu glauben, dass die furchtbaren Schründe, zwischen denen Sie und ich so oft mit Angst durchgeschritten sind, ihren Anfang in dieser winzigen Weise nehmen können. Dies ist indessen der Fall. Die grossen, gähnenden Abgründe auf und über den Eisfällen des Géant und des Talèfre sind bei ihrem Ursprung nur feine Risse, welche sich allmählich zu Spalten oder Crevasses ausweiten. Wir werden hier durch ein eindringliches Beispiel belehrt, wie Erscheinungen, welche auf die Entwicklung grosser Gewalt schliessen lassen, in Wirklichkeit durch so langsame Vorgänge hervorgebracht werden können, dass ihre Entdeckung eine verfeinerte Beobachtung erfordert. Bei der Entstehung von Naturerscheinungen kommen immer zwei Dinge in Betracht, die Grösse der wirkenden Kraft und die Zeitdauer ihrer

Wirksamkeit. Ist die Kraft gross und die Zeitdauer kurz, so entsteht eine plötzliche Erschütterung; aber genau dieselbe Erscheinung kann durch schwache Kräfte und lange Zeitdauer hervorgebracht werden. Diese Wahrheit erhält eine treffliche Beleuchtung durch die Eisfälle und Spalten der alpinischen Gebirgswelt; viele geologische Erscheinungen, welche auf den ersten Blick gewaltige Umwälzungen vermuthen lassen, mögen thatsächlich in dieser selben fast unmerklichen Weise zu Stande gekommen sein.

§. 37. Eiszapfen.

252. Die Spalten sind auf den höhern Firnen am grössten; dort treten sie zuweilen als lange, gährende Schlünde, zuweilen als Abgründe von unregelmässiger Form auf. Ein zartes blaues Licht schimmert aus ihnen herauf, verliert sich aber allmählich in der Dunkelheit ihrer tiefern Theile. Ueber den Rändern der Abgründe, meistens über ihren südlichen Rändern, hängt eine Firste von Schnee, und von dieser hängen gleich Tropfsteinen Reihen durchsichtiger Eiszapfen herab, die zehn, zwanzig und dreissig Fuss lang sind. Diese hängenden Speere gehören zu den schönsten Bildungen der höhergelegenen Spalten.

253. Wie entstehen dieselben? Augenscheinlich durch das Abthauen des Schnees. Aber warum, wenn einmal aufgethaut, friert denn das Wasser

wieder zu festen Speeren zusammen? Sie haben Eiszapfen von der Dachrinne eines Hauses herabhängen sehen; es ist klar, dass dieselben durch den auf dem Dache thauenden Schnee hervorgebracht werden. Wenn wir diese begreifen, werden wir auch die grössern Tropfgebilde der alpinischen Spalten erklären können.

254. Die Kenntnisse, die wir besitzen, zusammenfassend und geduldig darüber nachdenkend, hoffen wir auf dieselben eine Theorie der Eiszapfen begründen zu können.

255. Erstens also müssen Sie wissen, dass die Luft unserer Atmosphäre durch die Strahlen der Sonne, einerlei ob dieselben sichtbar oder unsichtbar sind, kaum erwärmt wird. Die Luft ist in hohem Grad durchsichtig für alle Arten von Strahlen, und es ist nur der spärliche Bruchtheil, für den sie nicht durchsichtig ist, welcher seine Kraft auf ihre Erwärmung verwendet.

256. Nicht so indessen verhält es sich mit dem Schnee, auf welchen die Sonnenstrahlen fallen. Er saugt die Sonnenwärme in sich ein, und an einem sonnigen Tage können Sie die Gipfel der Hochalpen glänzen sehen von dem Wasser, das abschmilzt. Die Luft über den Bergen und rund herum kann gleichzeitig in einer Temperatur von mehrern Graden unter dem Gefrierpunkt verharren.

257. Sie brauchen nur aus dem Sonnenschein in den Schatten zu treten, um dies zu bestätigen. Ein einziger Schritt genügt, um Sie von einer Stelle

mit hohem Thermometerstand nach einer Stelle zu versetzen, wo das Quecksilber niedrig steht; die Veränderung entsteht nicht durch einen Unterschied in der Temperatur der Luft, sondern einfach dadurch, dass der Thermometer der unmittelbaren Einwirkung der Sonnenstrahlen entzogen wird. Ja, sogar ohne irgendeine Verschiebung des Thermometers, durch blosses Vorziehen eines passenden Schirmes, welcher die Sonnenstrahlen abhält, kann die Kälte der Luft bewiesen werden.

258. Betrachten Sie jetzt den Schnee auf dem Dach Ihres Hauses. Die Sonne scheint darauf und schmelzt ihn; das Wasser sickert in die Rinne und tropft dann herunter. Wenn die Dachrinne der Sonne ausgesetzt ist, bleibt das Wasser Wasser; ist aber die Dachrinne nicht der Sonne ausgesetzt, so befindet sich der Tropfen, noch ehe er den Schnee verlässt, aus welchem er entstanden ist, im Schatten. Nun kann an dem beschatteten Raume, wie wir gelernt haben, die Temperatur unter dem Gefrierpunkt stehen. Ist dies der Fall, so muss der Tropfen, anstatt herabzufallen, frieren, und somit wäre die Grundlage eines Eiszapfens gegeben. Andere Tropfen und Tröpfchen, welche sich folgen und über diese Grundlage herabsickern wollen, frieren theilweise an und verdicken sie an der Wurzel. Aber ein Theil des Wassers erreicht das freie Ende des Eiszapfens, hängt daran und friert dort, ehe er abtropft. So wird der Eiszapfen verlängert. In den Hochalpen, wo die Abthauung

massenhaft und die Kälte der beschatteten Spalte stark ist, wachsen die Eiszapfen, obgleich sie in derselben Weise entstehen, natürlich in viel grössern Verhältnissen. Auch das Wasser, welches durch den Schnee absickert, nachdem die Sonne sich zurückgezogen hat, bringt Eiszapfen hervor.

259. Es ist nützlich und wichtig, dass Sie im Stande sind, die Bildung eines Eiszapfens zu erklären; aber bei weitem wichtiger ist es, dass Sie begreifen, in welcher Weise die verschiedenen Fäden von dem, was wir Natur nennen, miteinander verwoben sind. Sie können einen Eiszapfen nicht vollkommen verstehen, wenn Sie nicht erst begreifen, dass Sonnenstrahlen, mächtig genug, Schnee und Eis zu schmelzen und die menschliche Haut in Blasen zu ziehen, ja sogar mächtig genug, wenn concentrirt, den ganzen menschlichen Körper zu verbrennen, die Luft durchschneiden und dieselbe eisig kalt lassen können.

§. 38. Der Bergschrund.

260. Nachdem wir diese Schwierigkeit weggeräumt haben, wollen wir uns wieder zu den Spalten wenden und sie in der Reihenfolge ihrer Entstehung betrachten. Zuerst also haben wir über den Schneefeldern oder Firnen die äussersten Spitzen und Kämme der Alpen, gegen welche der Schnee oft wie ein steiler Schanzwall aufgethürmt ist. Wir haben bereits gelernt, dass beide, Firnen und

Gletscher, langsam thalwärts rutschen; gewöhnlich hängt aber der oberste Theil jener Schneeschanze so fest mit dem Felsen zusammen, dass er daran haften bleibt, während der untere Theil sich losbricht. Auf diese Weise bildet sich eine sehr charakteristische Spalte, die in dem deutschredenden Theile der Alpen ein Bergschrund genannt wird. Derselbe umgibt oft eine Bergspitze wie ein Graben, als ob er sie gegen den Angriff der Bergsteiger vertheidigen müsste.

261. Achten Sie nun genau auf die Art seiner Entstehung. Denken Sie sich, dass der Schnee noch unverletzt sei. Seine höhern Theile haften an dem Felsen und bewegen sich ausserordentlich langsam nach unten; aber die untern Schichten werden, entweder durch ihre grössere Tiefe und Schwere oder ihren weniger vollkommenen Zusammenhang mit dem Felsen, genöthigt, schneller zu rutschen. Eine Dehnung entsteht hierdurch, welche strebt, den untern Schnee von dem obern loszutrennen. Eine Zeit lang wird dieser Dehnung durch die Cohäsionskraft des Firns widerstanden, aber endlich gibt diese nach und ein Riss entsteht, welcher genau senkrecht die Spannungslinie der Dehnung durchkreuzt. In andern Worten: eine Spalte bildet sich in rechten Winkeln zu der Spannungslinie.

§. 39. Querspalten.

262. Auf dem Gletscher wie auf dem Firn ist der Ursprung der Spalten derselbe. Durch eine oder die andere Ursache wird das Eis in einen Zustand der Dehnung versetzt, und da es sich nicht strecken kann, bricht es quer über die Spannungslinie. Nehmen Sie z. B. den Eisfall des Géant oder des Talèfre, auf denen, wie Sie wissen, furchtbare Spalten gähnen. Denken Sie sich den Firn und den Gletscher vollkommen abgeschält, sodass die Fläche, über welche sie gleiten, blossgelegt erscheint. Von dem Col du Géant aus würden wir diese Fläche sanft abfallen sehen bis zu der Stelle, welche jetzt den Rand des Falls einnimmt. Hier würde sich die Fläche steil heruntersinken bis zu dem Bett des gegenwärtigen Glacier du Géant, wo der Abhang wieder sanft werden würde.

263. Stellen Sie sich nun vor, wie der Firn über diese Fläche gleitet. Er kommt von dem Col herunter, bis er den eben erwähnten Rand erreicht. Er überschreitet denselben und muss sich herunterbiegen, um in seinem Bett zu bleiben. Machen Sie sich deutlich klar, was geschehen muss. Die Oberfläche des Firn wird offenbar in einen Zustand der Dehnung versetzt; sie bricht, und bildet eine Spalte. Jede neue Schicht des Firns wird, indem sie den Rand überschreitet, in ähnlicher Weise ge-

brochen, und so setzt sich dann eine Reihe von Spalten an dem Falle herab fort. Zwischen je zwei Spalten ist ein grosser quer herüberlaufender Rücken von Eis. Durch örtliche Streckungen auf dem Falle werden diese Rücken auch häufig durchbrochen, wodurch dann die Eisthürme, Séracs genannt, entstehen. Sowol die Rücken als auch die Séracs werden bis unten von dem Falle mitgeschleppt und verschieben sich während des Herabgleitens immer mehr gegeneinander.

264. Was muss nun am Fusse des Falls geschehen? Hier fällt der Abhang plötzlich weniger steil. Es ist klar, dass die Spalten hier nicht nur aufhören müssen, sich zu öffnen, sondern dass sie sich ganz oder zum Theil wieder schliessen müssen. Auf der Höhe des Falls war die Neigung eine solche, welche die Oberfläche convex (erhaben gewölbt) machte; am Fusse des Falls macht die Neigung die Oberfläche concav (hohl gewölbt). Im ersten Fall haben wir Dehnung, im andern Fall Druck. Im ersten daher ein Oeffnen, im zweiten ein Schliessen der Spalten. Die Schlussfolgerung entspricht genau den Thatsachen, die wir beobachten.

265. Entblössen Sie Ihren Arm und strecken Sie ihn gerade aus. Machen Sie mit Tinte zwei Punkte, einen oder einen halben Zoll voneinander entfernt, auf der innern Seite des Elnbogens. Krümmen Sie nun Ihren Arm: die Punkte nähern sich und werden endlich zusammengebracht. Denken Sie

nun, dass die beiden Punkte die beiden Seiten einer Spalte am Fusse eines Eisfalls vorstellen; die Krümmung des Arms entspricht dann der Krümmung des Eises, und das Zusammenfallen der Punkte ist dem Schliessen der Spalten gleich.

266. Dieselben Bemerkungen finden auch bei verschiedenen Theilen der Mer de Glace ihre Anwendung. An einigen Stellen verändert sich die Neigung von einem sanften Abhang zu einem steilen, und indem der Gletscher den Rand zwischen beiden überschreitet, bricht er an seiner Oberfläche entzwei. So werden die Querspalten gebildet. Es findet eine solche Veränderung der Neigung statt gegenüber dem Angle, und ein noch grösserer, aber ähnlicher Wechsel an der Spitze des Glacier des Bois. Die Folge davon ist, dass die Mer de Glace an dem erstern Punkt unwegsam ist; an dem andern ist sie so zerrissen und zerspalten, wie wir gesehen und beschrieben haben. Unterhalb des Angle und an der Basis des Glacier des Bois lässt die Steilheit nach, die Spalten heilen zu und der Gletscher wird wieder zusammenhängend und fest.

§. 40. Randspalten.

267. Vorausgesetzt, es gäbe keine Veränderungen in der Neigung der Abhänge, würden wir dann keine Spalten haben? Wir würden dann sicherlich weniger Spalten haben, aber gänzlich würden sie

nicht verschwinden. Denn es sind andere Umstände vorhanden, welche das Eis in einen Zustand der Dehnung versetzen und seinen Bruch herbeiführen. Der hauptsächlichste darunter ist die schnellere Bewegung der Mitte des Gletschers.

268. Mit Hülfe der Arbeiten eines hervorragenden Mannes, des nun verstorbenen Mr. Wm. Hopkins von Cambridge, wollen wir die Erklärung dieses Punktes zu bewältigen suchen. Aber das Vergnügen dieser Errungenschaft würde erhöht werden, wenn wir im voraus die verwirrenden und täuschenden Erscheinungen sehen könnten, welche die Erklärung in Betracht ziehen muss. Könnten meine Wünsche erfüllt werden, so würde ich Sie an dieser Stelle unserer Forschungen mit mir nach Basel führen, von da nach Thun, von da nach Interlaken, und von da nach Grindelwald, wo Sie sich dann wirklich in Gegenwart des Wetterhorns und des Eigers befänden, mit allen höchsten Spitzen des Berner Oberlandes, dem Finsteraarhorn, dem Schreckhorn, dem Mönch und der Jungfrau in nächster Nachbarschaft. Bei Grindelwald sind, wie wir schon wissen, zwei wohlbekannte Gletscher, der Obere und der Untere Grindelwaldgletscher, auf welchem letztern dann unsere Untersuchungen ihren Anfang nehmen würden.

269. Von dem Dorfe nach dem untern Theil des Thals hinabsteigend, würden wir gerade auf das gegenüberliegende Gebirge zugehen und, die grossen Kalksteinabgründe des Wetterhorns zur Linken,

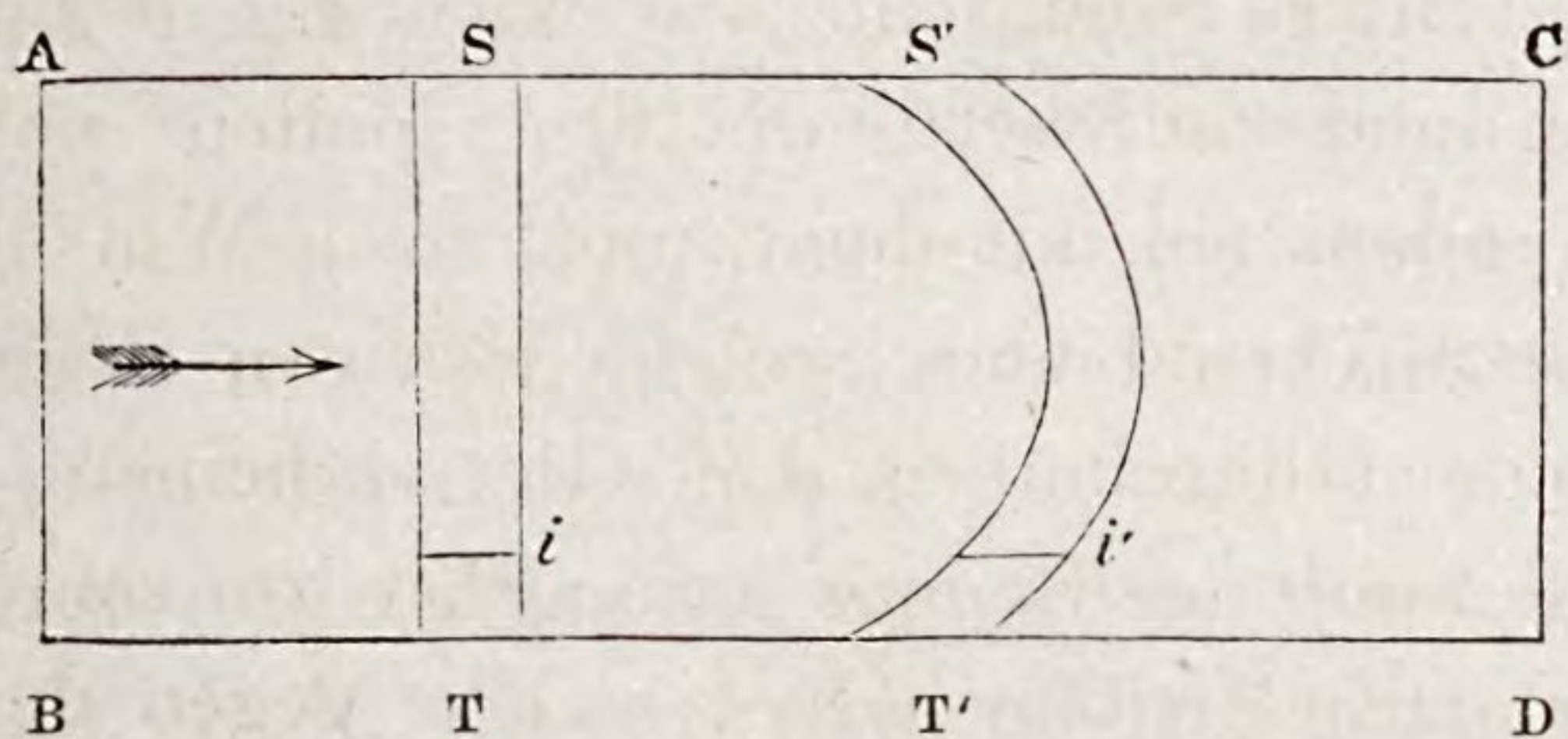
auf einen Pfad gelangen, welcher eine freie Aussicht auf den Gletscher darbietet. Hier würden wir schöne Beispiele sehen von Spalten, welche sich an dem obern Rande eines Abgrundes öffnen und sich am Fusse wieder schliessen. Aber der Hauptanziehungspunkt würden die an der Seite dieses Gletschers gebildeten Spalten sein — die Randspalten, wie sie wol genannt werden dürfen.

270. Wir würden die Seite vielfach zerrissen finden, sogar an solchen Stellen, wo die Mitte dicht geblieben ist; und wir würden besonders bemerken, dass die Risse weder in der Richtung des Gletschers, noch quer herüberlaufen, sondern schräg liegen, sodass sie mit den Seiten einen Winkel von ungefähr 45 Grad einschliessen möchten. Von der Seite des Gletschers ausgehend, scheinen diese Spalten nach oben hin zugespitzt zu sein; das heisst die Enden der Risse, welche gegen den begrenzenden Berg zu laufen, scheinen heruntergezerrt zu sein. Wären Sie weniger unterrichtet als Sie jetzt sind, so wollte ich darauf wetten, der Anblick dieser Risse veranlasste Sie zu dem Schlusse, dass die Mitte des Gletschers sich weniger schnell bewege als seine seitlichen Theile.

271. Dies war in der That die Schlussfolgerung, die Herr Agassiz aus dieser selben Erscheinung zog, ehe er die Bewegung der Seiten und der Mitte des Unteraargletschers gemessen hatte. Herr Hopkins aber, sehr geübt in der Behandlung mechanischer Aufgaben, leitete die Schräge der seitlichen Spalten

unverzüglich von dem schnellern Gleiten der Mitte her. Wenn ich mich mit Blei und Notizbuch neben den Gletscher stellen könnte, würde ich Ihnen die Sache folgendermassen sofort klar machen.

272. Es möge $A C$ in der beistehenden Figur eine Seite des Gletschers, $B D$ die andere Seite vorstellen; die Richtung der Bewegung würde von dem Pfeil angegeben. $S T$ soll dann einen Ausschnitt des Gletschers bezeichnen, der, sagen wir am heutigen Tage, in gerader Linie quer über seine Breite aufgenommen ist. Wenige Tage oder Wochen



später wird dieser Ausschnitt heruntergerutscht sein, und da die Mitte schneller rutscht als die Seiten, wird er nicht gerade bleiben, sondern sich zu der Form von $S' T'$ umbiegen.

273. Angenommen $T i$ wäre ein kleines Quadrat auf dem ursprünglichen Ausschnitt, nahe am Rande des Gletschers. In seiner neuen Lage wird dieses Quadrat zu der rautenförmigen Figur $T' i'$ verzerrt werden. Richten Sie nun Ihr Augenmerk auf die Diagonale des Quadrats $T i$; in der tiefern Lage würde diese Diagonale, wenn sich das Eis strecken könnte, zu $T' i'$ verlängert werden.

Aber das Eis streckt sich nicht: es bricht, und wir bekommen eine Spalte im rechten Winkel zu $T' i'$. Die blosse Betrachtung dieses Umrisses wird Ihnen klar machen, dass sich die Spalte in schräger Richtung nach oben zuspitzen wird.

274. An der ganzen Seite des Gletschers entlang bringt die schnellere Bewegung der Mitte einen ähnlichen Zustand der Dehnung hervor, und die Folge davon ist, dass die Seiten in reichem Masse von solchen schrägen Spalten zerrissen sind, sogar an Stellen, wo die Mitte frei von ihnen bleibt.

275. Es gewährt einen merkwürdigen Anblick, wie an andern Stellen die Querspalten sich mit den Randspalten vereinen und so grosse bogenförmige Spalten bilden, welche sich von einer Seite zur andern quer über den Gletscher erstrecken. Die Wölbung des Bogens ist nach oben gerichtet, wie es nach den Grundregeln der Mechanik eben sein muss (siehe die Skizze auf folgender Seite). Aber wenn Sie jene Grundregeln nicht kennen würden, von dem Anblick dieser Bogen würden Sie niemals auf die schnellere Bewegung der Mitte schliessen. Bei Bergstürzen und bei der Bewegung theilweise verhärteter Lehmschichten könnten Sie zuweilen ähnliche Erscheinungen beobachten, wie sie sich hier auf dem Eise gezeigt haben.

§. 41. Längenspalten.

276. So haben wir denn den Ursprung der beiden Arten, der Querspalten und der Randspalten aufgedeckt. Aber wo ein Gletscher aus einem steilen und engen Pass heraus auf eine verhältniss-



Skizze bogenförmiger Spalten: der Gletscher bewegt sich von links nach rechts.

mässig wenig geneigte Ebene kommt, welche ihm Raum gewährt, sich nach den Seiten auszubreiten, wird seine Bewegung zum Theil aufgehalten und die flache Schicht hat den Druck der steilern Schichten dahinter auszuhalten. Hier stimmt die Richtung des Drucks mit der des Gletschers über-

ein, während im rechten Winkel zur letztern eine Dehnung stattfindet. Senkrecht zu letzterer Linie bricht das Eis, und es werden Längenspalten gebildet.

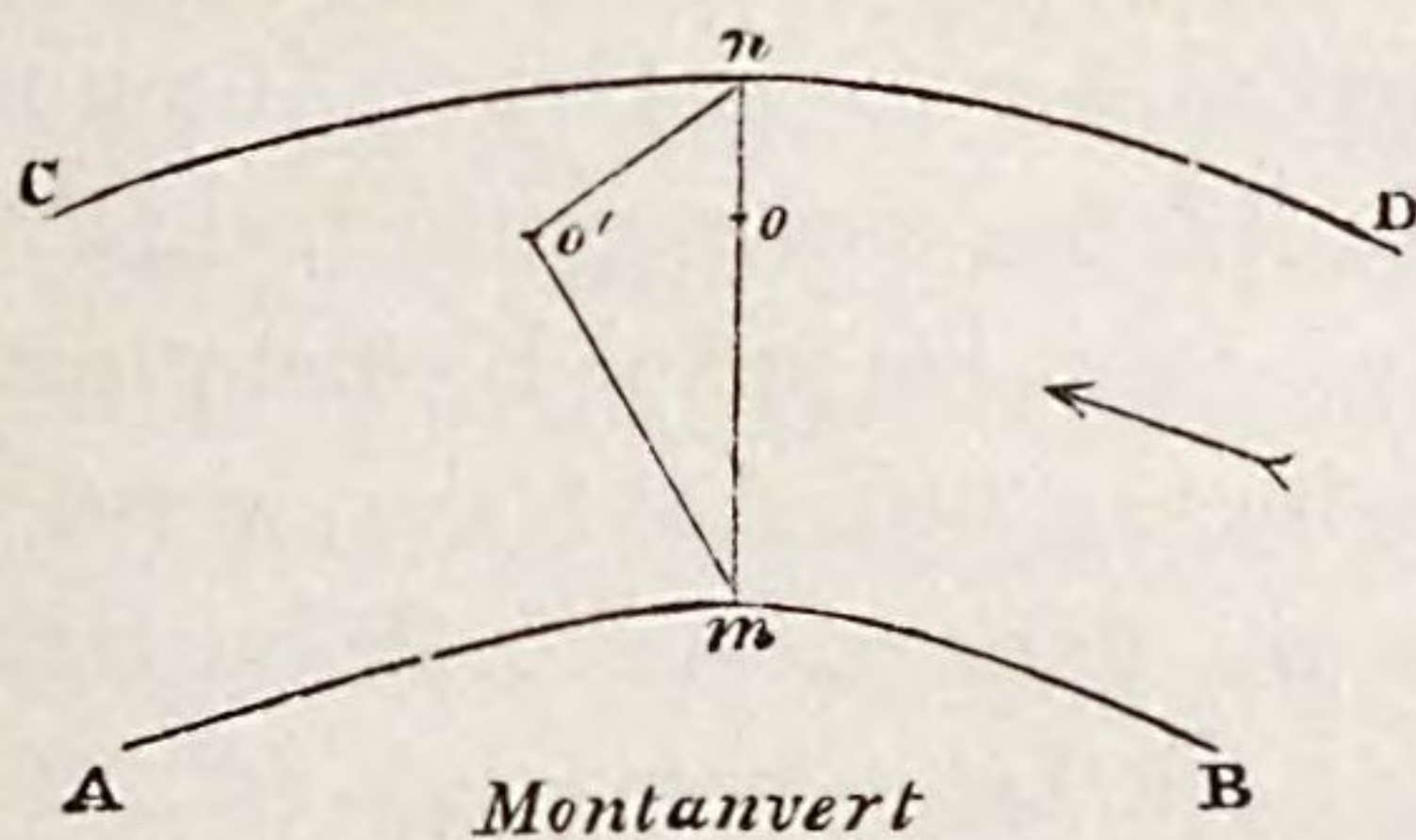
277. Beispiele dieser Art von Spalten liefert der untere Theil des Rhônegletschers, wenn man von dem Grimselpass oder irgendeinem andern Aussichtspunkt auf den angrenzenden Bergen auf ihn herunterblickt.

§. 42. Wie sich die Spalten zur Krümmung
der Gletscher verhalten.

278. Ein Punkt ist noch übrig, der erwogen werden muss; Ihre gegenwärtigen Kenntnisse setzen Sie in den Stand, ihn in einem Augenblick zu begreifen. Sie erinnern sich, dass wir in der Anfangszeit unserer Untersuchungen die Mer de Glace von der Chapeau-Seite nach der Montanvert-Seite überschritten haben. Ich bat Sie damals, zu beachten, dass die Chapeau-Seite des Gletschers stärker zerpalten war als die Mitte und die Montanvert-Seite (75). Woher kommt das? Da wir nunmehr wissen, dass die Chapeau-Seite des Gletschers sich schneller bewegt als die andere Seite, und dass der Punkt der schnellsten Bewegung nicht in der Mitte, sondern weit östlich von ihr liegt, sind wir ausgerüstet, diese Frage in einer vollkommen befriedigenden Weise zu beantworten.

279. Es mögen A B und C D in der folgenden

Figur die beiden gekrümmten Seiten der Mer de Glace bei dem Montanvert, und $m n$ eine gerade Linie quer über dem Gletscher vorstellen. o soll dann der Punkt der schnellsten Bewegung sein. Der mechanische Zustand der beiden Seiten des Gletschers kann nun in folgender Weise klar dargelegt werden. Angenommen, die Linie $m n$ wäre eine gerade elastische Schnur, deren Enden befestigt sind. Man fasse dieselbe bei dem Punkt o mit dem Zeigefinger und dem Daumen und ziehe sie in einer Weise nach o' , dass die Entfernung zwischen o'



und der Seite C D unverändert bleibt. Dabei würde sich die Länge $n o$ der Schnur zu $n o'$ ausgedehnt haben und die Länge $m o$ zu $m o'$, und es wird deutlich sichtbar, dass die Dehnung der kurzen Linie im Verhältniss zu ihrer Länge grösser ist als die der langen Linie im Verhältniss zu ihrer Länge. In andern Worten: die Dehnung auf $n o'$ ist grösser als die auf $m o'$; sodass, wenn eine davon unter der Dehnung brechen sollte, es zuerst die kurze sein würde.

280. Diese beiden Linien zeigen uns die Ver-

hältnisse der Dehnung auf den beiden Seiten des Gletschers. Die Seiten werden zurückgehalten und die Mitte strebt, sich vorwärts zu bewegen, wodurch eine Dehnung zwischen der Mitte und den Seiten entsteht. Aber die Verschiebung des Punktes der schnellsten Bewegung durch die Thalkrümmung macht, dass die Dehnung auf dem östlichen Eis stärker ist als auf dem westlichen. Die östliche Seite des Gletschers ist daher auch weit mehr zerpalten als die westliche.

281. Hierin beruht in der That die Schwierigkeit, auf der östlichen Seite der Mer de Glace entlang zu gehen, und dies war ein Grund für unsere Ueberschreitung des Gletschers gegenüber dem Montanvert. Es kommen zwei convexe Krümmungen auf der östlichen Seite auf eine auf der westlichen Seite, daher denn im ganzen die östliche Seite der Mer de Glace am stärksten zerrissen ist.

§. 43. Moränefirsten, Gletschertische und Sandkegel.

282. Als Sie mit mir zuerst die Mer de Glace von Trélaporte nach dem Couvercle überschritten, fanden wir, dass die Streifen von Felsstücken und Trümmerschutt, welche die Mittelmoränen bildeten, Firste waren, die über die allgemeine Höhe des Gletschers bis zu einer Höhe von stellenweise 20 bis 30 Fuss emporragten. Bei der nähern Besichtigung dieser Firste fanden wir, dass der Schutt nur oberflächlich darauf liegt, und zwar auf einem

grossen Eisgrat, welcher auf dem Rücken des Gletschers entlang läuft. Auf welche Weise ist diese Firste von Eis in die Höhe gewachsen?

283. Viele von Ihnen haben die Geschichte gelesen, wie Dr. Franklin Stückchen Zeug von verschiedenen Farben an einem sonnigen Tag auf den Schnee legte. Die Zeugstückchen sanken ein in den Schnee, die dunkelgefärbten am schnellsten.

284. Denken Sie über diesen Versuch nach! Die Sonnenstrahlen fallen zuerst auf die obere Fläche des Zeugs und erwärmen sie. Die Wärme wird dann durch das Zeug auf die untere Fläche geleitet, und die untere Fläche leitet sie auf den Schnee über, welcher endlich durch die Erwärmung aufgethaut wird. Es ist ganz begreiflich, dass die Menge des Schnees, welcher schmilzt, allein durch die Wärmemenge bestimmt wird, die von der obern Fläche auf die untere Fläche der Zeugstücke fortgeleitet wird.

285. Nun ist Tuch ein schlechter Wärmeleiter. Es gestattet der Wärme nicht, frei hindurchzugehen. Wenn die Wärme jedoch nur durch eine einzige Lage Tuch zu gehen hat, kann eine reichliche Menge von ihr hindurchkommen. Wenn man aber die Dicke des Tuchs verdoppelt, verdreifacht oder verfünffacht oder, was noch leichter ist, wenn man mehrere Stücke aufeinanderlegt, so gelangt man zuletzt zu einem Grade von Dichtigkeit, der keinem wahrnehmbaren Theil der Wärme mehr gestattet, von der obern zur untern Fläche durchzudringen.

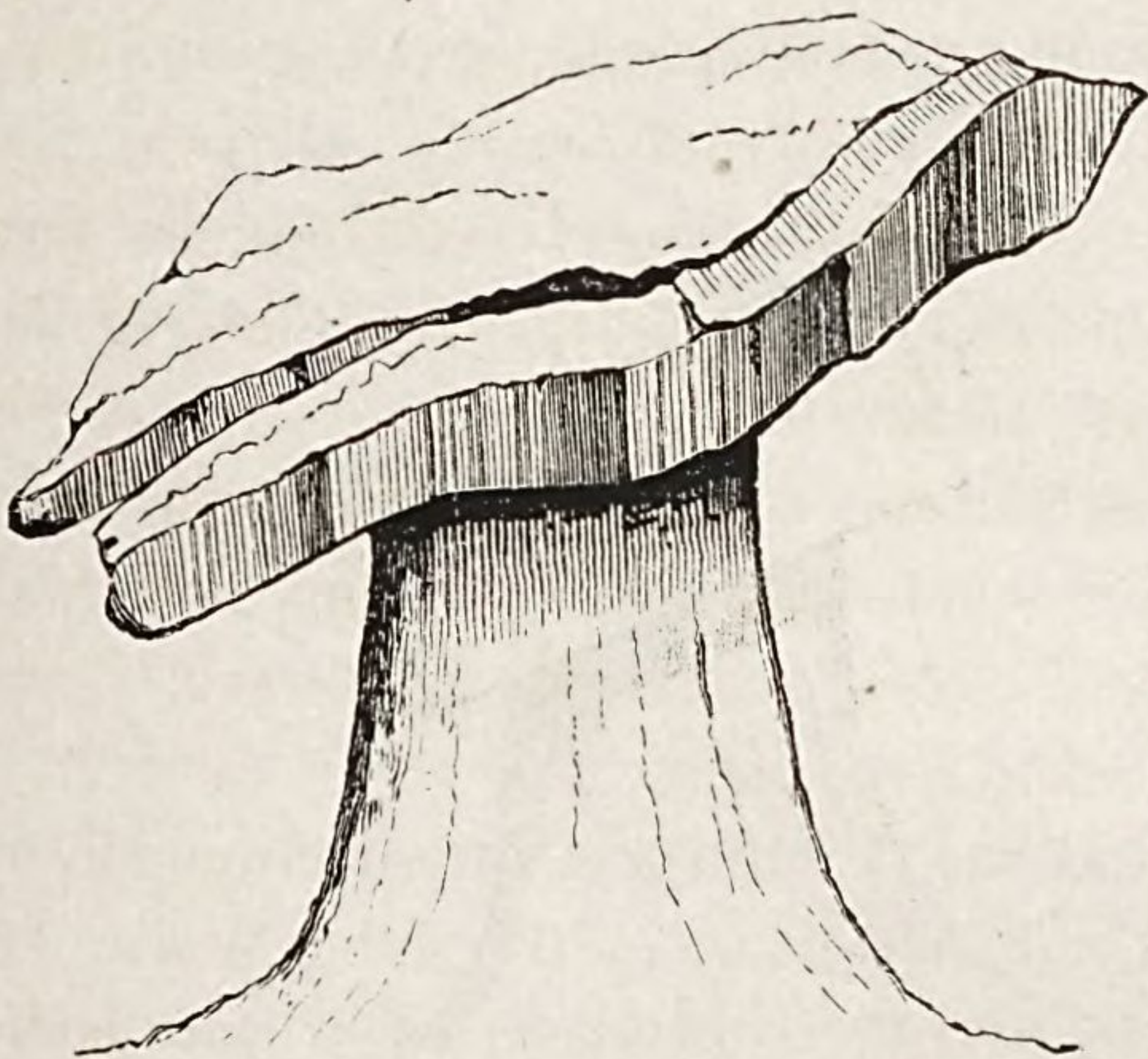
286. Was muss sich ereignen, wenn ein solches dickes Stück oder mehrere solche Stücke Tuch auf Schnee gelegt werden, welcher von einer heissen Sonne beschienen wird? Der Schnee um das Tuch herum wird geschmolzen, aber der Schnee unter dem Tuch wird geschützt. Wenn diese Einwirkung lange genug andauert, so wird die unvermeidliche Folge davon sein, dass die Höhe des Schnees rings um das Tuch herum sinken wird, und das Tuch auf einer Schnee-Erhöhung liegen bleibt.

287. Wenn Sie dieses begreifen, so haben Sie schon die Frage der Moräne-Erhöhung gelöst. Sie entstehen nicht durch irgendein Anschwellen des Eises nach oben. Sondern das Eis unter dem Felsen und dem Schutt ist vor der Sonne geschützt, der Gletscher rechts und links schmilzt ab und lässt eine Erhöhung zurück.

288. Verschiedene andere Erscheinungen auf dem Gletscher kann man auf dieselbe Weise erklären. Hier auf der Mer de Glace sehen wir flache Felsplatten, welche zuweilen oben auf Eispfeilern aufgerichtet sind. Dies sind die sogenannten Gletschertische. Sie entstehen nicht durch das Wachsen eines Eisstiels aus dem Gletscher heraus, sondern durch das Schmelzen des Gletschers um das vom Stein beschützte Eis herum. Hier folgt eine Zeichnung eines der Tische von der Mer de Glace.

289. Beobachten Sie ausserdem, dass ein Gletschertisch fast niemals rechtwinkelig auf seinem Pfeiler

ruht. Er hängt gewöhnlich nach einer Seite über, und wiederholte Beobachtung lehrt Sie, dass Sie nach dieser Stellung immer die Nordsüdlinie auf dem Gletscher ziehen können. Denn die Sonne bei ihrem Stand südlich vom Zenith sendet ihre Strahlen gegen die Südseite des Tisches, während die Nordseite im Schatten bleibt. Die Südseite wird daher



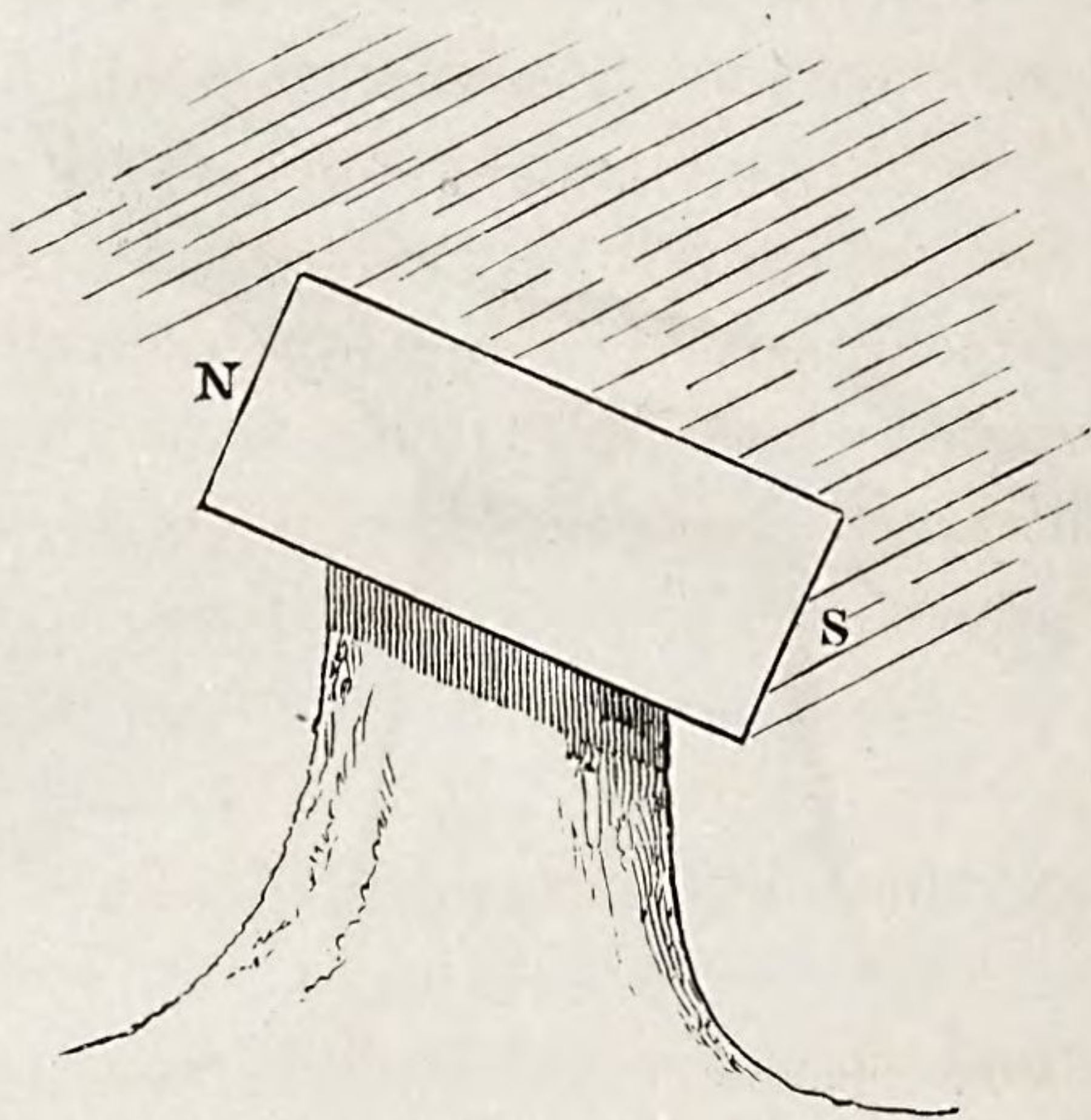
Gletschertisch der Mer de Glace.

am meisten erwärmt und schützt das Eis, das unter ihr liegt, nicht so vollkommen wie die Nordseite. Der Tisch wird dadurch geneigt, und das Ende ist, dass die Platte kopfüber von ihrem Fussgestell herabgleitet.

290. In der folgenden Figur (S. 136) haben wir, was man einen idealen Gletschertisch nennen könnte. Die schrägen Linien stellen die Richtung der Sonnen-

strahlen dar, und die daraus folgende Neigung des Tisches, wie sie hier zu sehen ist, entspricht ganz dem auf den Gletschern Beobachteten.

291. Ein Kieselstein wird nicht auf diese Art aufsteigen; gleichwie Franklin's einzelnes Stückchen Tuch wird ein dunkelfarbiger Kieselstein in das Eis hineinsinken. Ein Stück schwarzer Dammerde



Schematische Darstellung eines Gletschertisches und seiner Neigung nach Süden.

wird nicht auf der Oberfläche bleiben, sondern wird einsinken; und verschiedene Theile des Gletschers du Géant zeigen Vertiefungen, ähnlich wie Honigwaben, infolge des Einsinkens solcher Stücke Schmutz in das Eis.

292. Aber wenn der Schmutz die genügende Dicke hat, um das Eis zu schützen, dann wird die Sache anders. Sand wird oft durch einen Bach von den

Bergen oder den Moränen heruntergewaschen und über verschiedene Stellen des Gletschers verstreut. Etwas sehr Merkwürdiges entsteht dadurch: die übersandete Oberfläche steigt in die Höhe und der Theil, wo der Sand am dicksten ist, steigt am höchsten. Kleine Spitzen und Erhöhungen ragen hervor, und wenn die Vertheilung des Sandes günstig ist und die Wirkung lange genug andauert, so werden kleine Bergkuppen gebildet, theils vereinzelte, theils in Gruppen, welche wie Nachbildungen der Alpen selbst aussehen. Die Sandkegel der Mer de Glace sind nicht auffallend; aber auf dem Görner-, dem Aletsch- und dem Morteratschgletscher und auf andern Gletschern erreichen sie eine Höhe von zehn oder zwanzig Fuss.

§. 44. Die Gletschermühlen (Moulins).

293. Sie und ich haben durch vielfache Erfahrung den Charakter der Mer de Glace kennen gelernt. Wir sind tagelang über dieselbe gewandert in der Absicht, einen bestimmten Zweck zu erreichen, aber wir haben unsere Augen nicht für andere Gegenstände verschlossen. Durch Seitenblicke auf Dinge, welche augenblicklich nicht unsere Aufmerksamkeit beschäftigen, erstehen in der wissenschaftlichen Forschung neue Gegenstände der Untersuchung.

294. So werden wir beim Ueberschreiten des Eises bei Trélaporte oft von einem Schall getroffen,

der tiefem, rollendem Donner gleicht. Wir suchten später den Ursprung dieses Schalles und fanden ihn.

295. Eine grosse Fläche dieses Theils des Gletschers ist ungeborsten. Hierdurch haben die Wassertropfen Gelegenheit, Rinnen zu bilden; die Rinnen vereinigen sich zu kleinen Bächen; die kleinen Bäche setzen sich zu rauschenden grössern Bächen zusammen, welche zuweilen tiefe Kanäle in das Eis einschneiden. Früher oder später erreichen diese Bäche einen geborstenen Theil des Gletschers, wo eine Spalte sich quer dem Bach entgegenstellt. Hierdurch wird dem Wasser ein Weg in die Tiefe des Gletschers gebahnt. Bei andauernder Thätigkeit höhlt der Bach einen Schacht aus und die Spalte wird auf diese Weise der Ausgangspunkt für einen Trichter von unabsehbarer Tiefe, in welche das Wasser mit dem Getöse des Donners hineinrauscht.

296. Diese Trichter und ihr Wasserfall bilden eine sogenannte Gletschermühle oder Moulin.

297. Lassen Sie mich Ihre Hand fest fassen, während Sie auf dem Rande dieses Schachtes stehen und hineinsehen. Die Höhle mit ihrem reinen, blauen Schimmer ist schön, aber schrecklich. Unvorsichtige Leute sind in diesen Schacht hineingestürzt; auf eine kurzdauernde Verwirrung folgte Sturz und plötzlicher Tod. Aber Vorsicht auf den Gletschern und in den Bergen sollte bei Forschern, wie wir sind, durch die Gewohnheit zur zweiten Natur werden.

298. Die Spalte, in welcher der Bach zuerst hereingestürzt ist, um die Mühle zu bilden, rückt mit dem Gletscher nach unten. Ein nachfolgender Theil des Eises erreicht den Ort, wo die Spannung stattfindet, welche das Eis zum Bersten bringt. Eine neue Spalte wird dann oberhalb der Mühle gebildet, welche von nun an vom Bach nicht mehr versorgt wird und als ein leerer Schacht hinunterrückt. Hier auf der Mer de Glace sehen wir vor dem Grand Moulin nicht weniger als sechs solcher verlassener Höhlen. Einige von ihnen messen wir mit dem Senkblei als 90 Fuss tief.

299. Aber wir wünschen womöglich die vollständige Tiefe der Mer de Glace zu bestimmen. Der Grand Moulin bietet eine Gelegenheit dazu, die wir nicht vernachlässigen dürfen. Unser erster Versuch, die Tiefe der Mühle zu messen, scheitert an dem Reißen der Schnur durch den heftigen Sturz des Wassers. Die Schiffer wenden zur Messung der Seetiefe ein Gewicht an, in dessen Boden ein Klümpchen Fett eingelassen ist, und erkennen an dem Fett, ob das Gewicht den Meeresgrund erreicht hat. Wir benutzen ein solches Gewicht, können aber das Bett des Gletschers nicht erreichen. Eine Tiefe von 163 Fuss ist das Aeusserste, was unser Senkblei erreichen kann.

300. Vom 28. Juli bis zum 8. August haben wir das Fortschreiten des Grand Moulin beobachtet. An dem erstern Tage wurde die Lage der Mühle festgestellt. Am 31. hatte sie sich um 50 Zoll ab-

wärts bewegt; etwas über einen Tag später war sie um 74 Zoll fortgeschritten. Am 8. August hatte sie sich um 198 Zoll verrückt, was im Durchschnitt 28 Zoll in 24 Stunden ergibt. Ohne Zweifel wird man im nächsten Sommer auf der Mer de Glace einen Grand Moulin nahe bei Trélaporte brausen hören; aber gleichwie bei der Crevasse des Grand Plateau, von der wir schon berichtet haben (§. 16), wird es nicht unser Moulin sein. Dieser oder vielmehr das Eis, welches er durchdrungen hat, ist jetzt wahrscheinlich über eine englische Meile tiefer unten als im Jahre 1857.

§. 45. Die Veränderungen des Wassenumfangs bei Wärme und Kälte.

301. Wir haben auf dem Gletscher Schachte und Gruben bemerkt, welche mit Wasser vom zartesten Blau angefüllt waren. In manchen Fällen waren dies Schachte von erloschenen, auf dem Boden verschlossenen Moulins gewesen. Es ist eine Theorie aufgekommen, um sie zu erklären, welche, obgleich sie unhaltbar sein mag, Betrachtungen in Bezug auf die Eigenschaften des Wassers veranlasst, welche Forschern, wie wir sind, bekannt sein sollten.

302. Bei unserer Auflösung des See-Eises durch einen Wärmestrahle (§. 11) bemerkten wir kleine leere Räume im Mittelpunkt der durch den Strahl gebildeten flüssigen Blumen. Diese Räume erklärten wir durch den Umstand, dass wenn Eis schmilzt,

das daraus entstehende Wasser weniger Raum einnimmt als das Eis, und dass daher das Wasser der Blume nicht im Stande ist, den ganzen Raum, welchen die Blume bedeckt, einzunehmen.

303. Lassen Sie uns diesen Gegenstand noch ausführlicher erläutern. Verschliessen Sie eine schmale Flasche mit einem Pfropfen wasserdicht, und führen Sie durch den Pfropfen eine enge Glasröhre gleichfalls wasserdicht ein. Es ist leicht die Flasche mit Wasser so zu füllen, dass die Flüssigkeit in einer gewissen Höhe in der Glasröhre steht.

304. Lassen Sie uns jetzt die Flasche mit einer Spirituslampe erwärmen. Bei dem ersten Anschlagen der Flamme bemerken Sie einen Augenblick lang ein Sinken der Flüssigkeit in der Glasröhre. Das rührt von der plötzlichen Ausdehnung der Flasche durch die Wärme her; sie wird plötzlich weiter, wenn die Flamme sie zuerst erreicht.

305. Aber die Ausdehnung des Wassers holt diejenige der Flasche bald ein und überholt sie sogar. Wir bemerken unmittelbar das Steigen der Flüssigkeitssäule in der Glasröhre, genau ebenso wie Quecksilber in der Röhre eines erwärmten Thermometers steigt.

306. Unsere Glasröhre ist 10 Zoll lang, und beim Ausgang unserer Untersuchung stand das Wasser in ihr in einer Höhe von 5 Zoll. Wir wollen die Spirituslampe einwirken lassen, bis das Wasser ganz an die Spitze der Röhre reicht und

übertröpfelt. Dieser Versuch genügt, um die Ausdehnung des Wassers durch Wärme zu zeigen.

307. Wir nehmen jetzt eine gewöhnliche Glaschale und thun in dieselbe ein wenig gestossenes Eis und Salz. In diese Kältemischung stellen wir unsere Flasche und umgeben sie mit derselben. Die Flüssigkeitssäule zieht sich in der Röhre nach unten zusammen und beweist damit die Zusammenziehung der Flüssigkeit durch Kälte. Wir lassen die Zusammenziehung einige Minuten andauern und bemerken, dass die Niederwärtsbewegung der Flüssigkeit allmählich langsamer wird und dass sie zuletzt ganz aufhört.

308. Halten Sie Ihre Augen auf die Flüssigkeitssäule gerichtet; sie verhält sich ruhig während eines Bruchtheils einer Minute, und bewegt sich dann von neuem; aber ihre Bewegung geht jetzt nach oben statt nach unten. Die Kältemischung wirkt jetzt genau ebenso wie die Flamme.

309. Es ist nicht schwer, einen Thermometer durch den Pfropfen in die Flasche zu führen und er gibt uns genau die Temperatur an, bei welcher die Flüssigkeit aufhört, sich zusammenzuziehen, und anfängt, sich auszudehnen. In diesem Moment werden wir die Temperatur der Flüssigkeit etwas über 4° C. finden.

310. Bei dieser Temperatur erreicht also das Wasser seine höchste Dichtigkeit.

311. Bei vier Grad weniger, also bei 0° C., fängt die Flüssigkeit an, sich in Eiskrystalle zu verwan-

deln, welche, wie Sie wissen, auf dem Wasser schwimmen, weil sie bei gleichem Gewicht grösser sind. In der That ist dieses Haltmachen der sich nähernden Moleculen bei der Temperatur von 4° C. nur die Vorbereitung zu der darauffolgenden Thätigkeit der Krystallisation, in welcher die Ausdehnung durch Kälte gipfelt. Auf dem Wege zu dem Punkte des Festwerdens geht die Zunahme des Rauminhalts langsam und allmählich vor sich; während bei dem Act des Festwerdens sie plötzlich und mit überwältigender Macht auftritt.

312. Durch diese Kraft der Ausdehnung haben die florentiner Akademiker vor langer Zeit eine Kugel aus fast dreiviertel Zoll dickem Kupfer gesprengt. Durch dieselbe Kraft sprengte der berühmte Astronom Huyghens im Jahre 1667 eiserne Kanonen von der Wandstärke eines Fingers. Solche Versuche sind seitdem häufig gemacht worden. Major Williams füllte in einem strengen quebecker Winter einen Mörser mit Wasser und verschloss ihn, indem er in seine Mündung einen Holzpflöck einschlug. Einer Temperatur von 27° C. Kälte ausgesetzt, widerstand das Metall der Spannung, aber der Pflöck gab nach und wurde in eine Entfernung von 400 Fuss geschleudert. In Warschau wurden Haubitzenröhren auf diese Art gesprengt, und wir selbst haben Bombenkugeln in Stücke zersplittert, indem wir sie eine halbe Stunde lang in eine Kältemischung legten.

313. Die Theorie der Schachte und Höhlen, von

welcher wir im Anfang dieses Abschnitts gesprochen haben, ist folgende: Das Wasser auf der Oberfläche des Schachtes wird von der Sonne erwärmt, sagen wir bis zu einer Temperatur von 4° C. Das Wasser auf dem Boden des Schachtes, welches in Berührung mit dem Eise ist, muss ungefähr 0° C. haben. Das schwere Wasser ist daher oben; es wird auf den Boden hinabsteigen, das Eis dort schmelzen und auf diese Weise den Schacht tiefer machen.

314. Der soeben beschriebene Umlauf geht unzweifelhaft vor sich, und einige merkwürdige Wirkungen sind durch ihn bedingt; nach meiner Meinung aber nicht diejenige, die ihm hier zugeschrieben wird. Das Tieferwerden eines Schachtes setzt ein schnelleres Schmelzen auf dem Boden als auf der Oberfläche des Gletschers voraus. Es ist schwer einzusehen, weshalb die Sonnenwärme, welche zuerst vom Wasser eingesogen und von diesem auf den Grund des Schachtes übertragen wird, das Schmelzen auf dem Grunde schneller bewerkstelligen sollte als das Schmelzen des Eises, welches den unmittelbaren Eindruck der Sonnenstrahlen erhält. Die Oberfläche des Gletschers muss zum wenigsten ebenso schnell sinken wie der Boden der Höhle, sodass der Kreislauf, obgleich in Wirklichkeit bestehend, nicht den ihm zugeschriebenen Erfolg haben kann.

§. 46. Folgen, welche aus den eben beschriebenen Eigenthümlichkeiten des Wassers entstehen.

Verbesserung von Irrthümern.

315. Ich war noch sehr jung, als ich mit dieser Eigenthümlichkeit des Wassers bekannt gemacht wurde, dass seine Zusammenziehung durch Abkühlung bei 4° C. aufhört, und ich erinnere mich des Eindrucks, den es auf mich machte. Denn ich wurde aufgefordert zu überlegen, was daraus entstünde, wenn diese einzige Ausnahme eines sonst allgemeinen Gesetzes aufhörte zu bestehen.

316. Ich wurde aufgefordert, über die Lage eines fischreichen Sees nachzudenken, dessen Oberfläche sehr kalter Luft ausgesetzt ist. Es wurde mir klar gemacht, dass das Wasser nach der ersten Abkühlung sich zusammenziehen und schwerer werden würde, dass es daher sinken müsste, und sein Platz von dem wärmern und leichtern Wasser aus den tiefern Theilen des Sees eingenommen würde.

317. Ich wurde darauf hingewiesen, dass ohne das betreffende Gesetz dieser Kreislauf immer weiter vor sich gehen würde, bis das ganze Wasser des Sees bis zum Gefrierpunkt abgekühlt wäre. Dann würde das Gefrieren beginnen und so lange andauern, als noch irgendeine Spur Wasser in flüssigem Zustande vorhanden ist. Eine Folge davon würde sein, dass jedes lebende Geschöpf, das in dem See enthalten ist, zerstört würde. Andere

Uebelstände würden hinzukommen, welche alle, wie es hiess, durch die ganz ausnahmsweise Einrichtung verhütet werden, dass nach einer bestimmten Zeit das kältere Wasser das leichtere wird, hierdurch auf der Oberfläche des Sees schwimmt, da gefriert und so ein schützendes Dach über dem Leben in der Tiefe bildet.

318. Graf Rumford, einer der gediegensten Gelehrten, schreibt auf folgende Weise über diesen Gegenstand: „Es scheint mir nicht, dass es irgendwo etwas gibt, was menschliche Weisheit innerhalb der weitausgedehnten Grenzen der sichtbaren Schöpfung fassen kann, was einen schlagendern oder deutlichern Beweis lieferte von der Weisheit des Schöpfers und seiner besondern Sorgfalt, welche er in der allgemeinen Anordnung des Weltalls anwendete, um thierisches Leben zu beschützen, als dieser wunderbare Plan.

319. „Lassen Sie mich um die Aufmerksamkeit meiner Leser bitten, während ich versuche, diesen äusserst interessanten Gegenstand zu erforschen; und lassen Sie mich zu gleicher Zeit von seiner Klarheit und Milde sprechen. Ich bin mir der Gefahr bewusst, der ein Sterblicher sich aussetzt, welcher den Muth hat, die Absichten der unendlichen Weisheit zu erklären. Das Unternehmen ist kühn, aber es kann sicherlich nicht für unschicklich gelten.

320. „Wäre die Vorsehung bei dieser Gelegenheit nicht auf eine Art eingetreten, welche man wol

wunderbar nennen kann, so wäre das süsse Wasser in der gemässigten Zone im Winter unvermeidlich bis zu einer grossen Tiefe gefroren, und jede Pflanze und jeder Baum würde zerstört worden sein.“

321. Mehrere Seiten seines Buches hindurch fährt Graf Rumford in diesem Stil fort, die Wege und Absichten der Allmacht auszulegen, und er zaudert nicht, sehr harte Worte gegen diejenigen zu richten, welche seine Meinungen nicht theilen. Er nennt sie verhärtet und entartet. Wir werden hier vor einer Thatsache gewarnt, welche oft vergessen wird, dass nämlich das Vergnügen oder Behagen an einer Meinung, oder die Wärme oder Gefühlserregung, welche sie erzeugt, keine Bürgschaft für ihre Wahrheit ist. Denn Graf Rumford's ganzes Entzücken und ganzer Enthusiasmus über diesen Gegenstand und sein ganzer Unwille gegen diejenigen, welche seine Ansichten nicht theilen, waren auf eine irrige Meinung gegründet.

322. Das Wasser ist nicht eine einzige Ausnahme zu einem sonst allgemeinen Gesetz. Es gibt noch andere Molecule als diejenigen dieser Flüssigkeit, welche mehr Raum in dem festen krySTALLisirten Zustande verlangen, als in dem angrenzenden geschmolzenen Zustande. Eisen befindet sich in diesem Falle. Festes Eisen schwimmt auf geschmolzenem Eisen ebenso wie Eis auf Wasser schwimmt. Wismuth bietet einen noch schlagendern Fall; wir könnten ebenso sicher eine Bombe durch

das Festwerden von Wismuth zertrümmern, wie durch Festwerden von Wasser. Hier gibt es keine Fische, für die Sorge zu tragen wäre, und dennoch ist der „Plan“ derselbe.

323. Es widerstrebt mir, in demselben Athemzuge mit Graf Rumford Leute zu erwähnen, von welchen mir erzählt wird, dass sie noch heutigentags bekennen, dass sie den Trost einer Religion in einem Aberglauben finden, welcher niedriger ist als irgend-
etwas, das bisjetzt den civilisirten menschlichen Geist herabgewürdigt hat. Sodass die Befriedigung, welche ein Glaube gewährt, und die Wahrheit eines Glaubens zwei ganz verschiedene Dinge sind.

324. Das Leben und die Bedingungen zum Leben sind in nothwendigem Einklang miteinander. Das ist eine unleugbare Wahrheit, denn ohne die angemessenen Bedingungen würde das Leben nicht bestehen können. Sowol das Leben als seine Bedingungen setzen die Wirksamkeit einer unerforschlichen Macht voraus. Wir kennen nicht ihren Ursprung, und wir kennen nicht ihr Ende. Und die Vermessenheit, wenn nicht Erniedrigung, ist auf seiten jener, welche auf den Thron des Weltalls ein vergrössertes Bild ihrer selbst setzen und seine Werke für eine einfache kolossale Nachahmung ihrer eigenen halten.

§. 47. Der Molecularvorgang der Wassergefrierung.

325. Aber lassen Sie uns zu unserer Wissenschaft zurückkehren. Wie können wir uns diesen Act der Ausdehnung seitens des gefrierenden Wassers vorstellen? Durch welche Thätigkeit verlangen die Moleculen mit solchem unwiderstehlichen Nachdruck mehr Raum in dem festen als in dem angrenzenden flüssigen Zustand? In allen solchen Fällen müssen wir unsere Vorstellungen aus den Erscheinungen der Sinnenwelt ableiten und diese dann auf solche Erscheinungen übertragen, welche sich der unmittelbaren Sinnenwahrnehmung entziehen.

326. Sie erinnern sich wol unserer Besprechung der „atomischen Pole“ (§. 10) und wie es kam, dass der Begriff der Polarkraft auf die Krystalle angewandt wurde. Wenn Ihnen das frisch im Gedächtniss ist, so werden Sie ohne grosse Schwierigkeit verstehen, wieso Ausdehnung des Umfangs den Act der Krystallisation begleiten kann.

327. Ich lege eine Anzahl Magnete vor Sie hin. Sie stehen als Stoff unter dem Gesetz der Schwere, und wenn sie vollkommen frei wären, würden sie sich gegeneinander bewegen infolge der Anziehung der Schwerkraft.

328. Sie sind aber nicht nur Stoff, sondern magnetischer Stoff. Sie wirken nicht nur aufeinander durch die einfache Kraft der Schwere, sondern durch die Polarkraft des Magnetismus.

Stellen Sie sich dieselben in einer gewissen Entfernung voneinander vor, sodass sie vollkommen frei sind, sich zu bewegen. Zuerst macht sich die Schwerkraft bemerklich und zieht sie zueinander. Eine Zeit lang ist die magnetische Kraft, welche von den Polen ausgeht, nicht wahrnehmbar; wenn aber eine gewisse Nähe erreicht ist, so kommt die Polarkraft ins Spiel. Die sich anziehenden Punkte legen sich zusammen, die sich abstossenden Punkte gehen auseinander, und es ist leicht einzusehen, dass dieser Vorgang eine Anordnung der Magnete herbeiführen kann, welche mehr Raum beansprucht. Nehmen wir an, sie seien von einer Büchse umgeben, welche sie eng umschliesst in dem Augenblick, wo die Polarkraft zuerst ins Spiel kommt. Es ist leicht einzusehen, dass, indem sie sich ordnen, die einander abstossenden Ecken und Enden der Magnete dadurch genöthigt werden können, gegen die Wände der Büchse zu drücken und sie selbst zu sprengen, wenn ihre Kräfte genügend stark sind.

329. Hierdurch haben wir nun eine Vorstellung, welche auf die Moleculen des Wassers angewandt werden kann. Auf sie wirken, wie bei den Magneten, zwei unterscheidbare Kräfte. Eine Zeit lang, während sich die Flüssigkeit abkühlt, nähern sie sich einander infolge ihrer allgemeinen Anziehungskraft gegeneinander. Aber an einem bestimmten Punkte kommen neue Kräfte, theils anziehende, theils abstossende, von besondern Punkten der Mole-

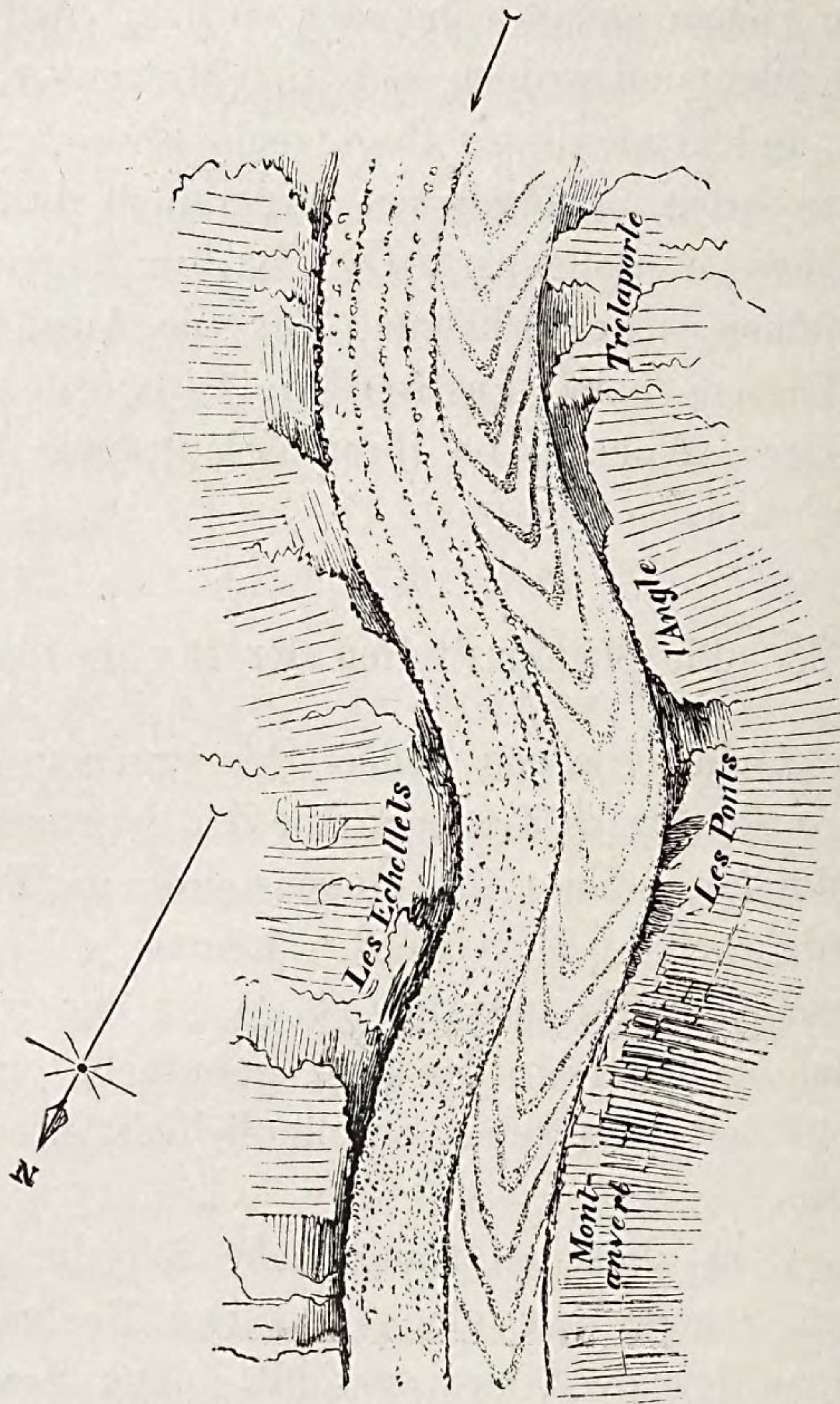
culen herrührend, ins Spiel. Die sich anziehenden Stellen legen sich aneinander, die sich abstossenden Punkte ziehen sich voneinander zurück. Auf diese Art wenden und ordnen sich die Moleculen, verlangen, indem sie dieses thun, mehr Raum und bewältigen jeden gewöhnlichen Widerstand durch die Kraft ihres Verlangens. Dies ist, in allgemeinen Ausdrücken, eine Erklärung für die Ausdehnung des Wassers beim Festwerden: es würde leicht sein, einen Apparat zu ihrer Erläuterung herzustellen.

§. 48. Die Schmutzstreifen der Mer de Glace.

330. Gehen Sie aus hellem Sonnenschein in ein mässig erleuchtetes Zimmer; eine Zeit lang erscheint alles dunkel, sodass die Gegenstände im Zimmer nicht deutlich gesehen werden können. Von den Lichtwellen heftig getroffen (§. 3), ist der Sehnerv empfindungslos geworden und gebraucht eine bestimmte Zeit, um seine Empfindlichkeit wieder zu erlangen.

331. Aus diesem Grunde habe ich die gegenwärtige Stunde für eine besondere Beobachtung auf der Mer de Glace gewählt. Die Sonne ist hinter der Erhöhung von Charmoz untergegangen und die Oberfläche des Gletschers ist in mässigem Schatten. Der Haupttheil unsers Tagewerks ist vollbracht, aber wir haben dennoch genügende Kraft, um die an den Montanvert angrenzenden

Abhänge bis zu einer Höhe von ungefähr 1000 Fuss über dem Eis zu erklimmen.



Schmutzstreifen der Mer de Glace.

332. Wir sehen jetzt günstig auf den Gletscher hinunter und sehen ihn weniger verkürzt als vom Montanvert aus. Wir bemerken den Schmutz, wel-

cher seine östliche Seite überzogen hat und welcher von dem Aneinanderdrängen seiner mittlern Moränen herrührt. Wir sehen die vergleichsweise reine Oberfläche des Gletschers du Géant; aber wir bemerken auf dieser Oberfläche eine Erschei-



Das Ende der Schmutzstreifen am Chapeau.

nung, welche wir bis dahin noch nicht gesehen hatten. Sie ist nämlich von einer Reihe gebogener grauer Streifen durchschnitten, welche der Reihe nach aufeinanderfolgen von Trélaporte niederwärts. Wir zählen deren 18 von unserm jetzigen

Standpunkt aus. (Vergleiche die Zeichnung auf Seite 152.)

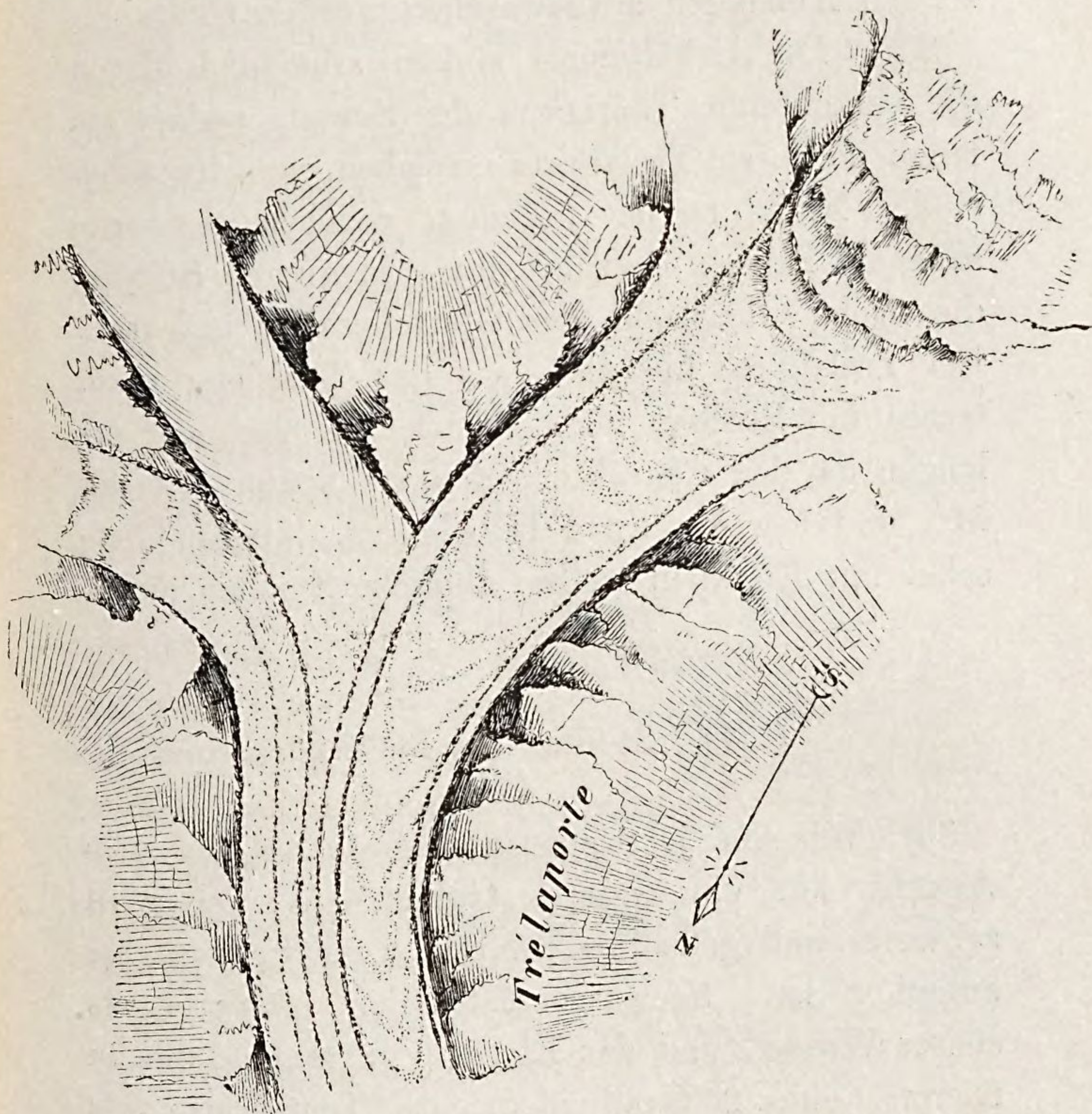
333. Diese sind die Schmutzstreifen der Mer de Glace; sie wurden zuerst von Professor Forbes im Jahre 1842 bemerkt.

334. Sie erstrecken sich auf dem Gletscher weiter hinunter als wir sehen können. Und wenn wir das Thal von Chamouni überschreiten und die Berge an der andern Seite besteigen bis zu einem Punkt in der Nähe des kleinen Wirthshauses La Flegère, werden wir eine Ansicht von dem Ende des Gletschers vor uns haben und den Rest der Streifenreihen sehen. Wir bemerken, dass sie durchweg an den Theil des Gletschers angrenzen, welcher vom Col du Géant herkommt. (Siehe die Zeichnung auf Seite 153.)

335. Wir müssen sie bis zu ihrem Ausgangsort verfolgen. Sie wissen, was für eine schöne und vollständige Aussicht auf den Gletscher und den Col du Géant man von der Schluchtstation oberhalb Trélaporte hat. Da hinauf müssen wir noch einmal klettern; und von dort können wir die Reihenfolge der Streifen sehen, wie sie sich abwärts zu dem Montanvert erstrecken und aufwärts bis an den Fuss des Eissturzes auf dem Gletscher du Géant. Der Eisfall ist augenscheinlich bei ihrer Bildung betheiligt. (Siehe die gegenüberstehende Zeichnung auf Seite 155.)

336. Und auf welche Art? Einfach genug. Der Gletscher zerbricht, wie Sie wissen, an dem Gipfel

des Eisfalls der Quere nach und steigt den Abhang in einer Anzahl querliegender Erhöhungen hinab. Am Fusse des Falls schliessen sich die Spalten,



Oberer Theil der Schmutzstreifen vom Eisfall bis Trélaporte.

aber die Erhöhungen bleiben zum Theil und sehen aus wie grosse Falten, welche über den Gletscher laufen. Diese Erhöhungen werden immer gebogener

durch die schnellere Bewegung der Mittellinie, und die Einschnitte zwischen ihnen bilden Behälter für den feinen Schlamm und die Felstrümmer, welche von den kleinen Rinnsalen auf den angrenzenden Abhängen ausgewaschen worden sind.

337. Die Erhöhungen sinken allmählich durch die verzehrende Thätigkeit der Sonne, sodass sie lange bevor sie Trélaporte erreichen, verschwunden sind. Nicht so der Schmutz, welchen sie angesammelt haben: er fährt fort, in queren Streifen die flache Oberfläche des Gletschers zu bedecken. Bei Trélaporte überdies, wo das Thal eng wird, treten die Streifen noch schärfer hervor und erlangen da den Charakter, den sie später auf der Mer de Glace durchweg beibehalten. Andere Gletscher mit Eisfällen weisen ähnliche Streifen auf.

§. 49. See-Eis und Eisberge.

338. Wir sind jetzt geistig ausgestattet für einen Ausflug auf ein anderes Gebiet. Wasser wird schwerer und gefriert schwerer, wenn Salz in ihm aufgelöst ist. Seewasser ist daher schwerer als süßes Wasser, und das Eismeer gebraucht, um zu frieren, eine 2 Grad niedrigere Temperatur als süßes Wasser. Wenn es so lange eingeengt wird, bis sein specifisches Gewicht 1.1045 beträgt, dann verlangt (nach den Untersuchungen von Scoresby) Seewasser, um zu frieren, eine um 10 Grad nie-

drigere Temperatur als der gewöhnliche Gefrierpunkt.

339. Aber selbst wenn das Wasser mit Salz gesättigt ist, sondert die krystallisirende Kraft das Salz sorgfältig aus und widmet sich der Gefrierung des Wassers allein. Daher ergibt Eis von Seewasser, wenn es geschmolzen wird, süßes Wasser. Die einzelnen salzigen Theilchen, welche in solchem Eis vorkommen, sind solche, welche sich mechanisch in seine Poren verwickelt haben. Sie haben keinen Antheil an dem Bau des Krystalls.

340. Diese Ausschliesslichkeit, wenn ich diesen Ausdruck anwenden darf, der Wassermoleculen, dieses vollständige Zurückweisen aller fremden Elemente aus den Bauten, welche sie aufführen, wird bis zu einem überraschenden Grade durchgeführt. Schwefelsäure hat eine so grosse Verwandtschaft zum Wasser, dass sie für den Chemiker eines der stärksten bekannten Mittel zur Entfernung der Feuchtigkeit aus der Luft ist. Dennoch ist von Faraday gezeigt worden, dass, wenn eine Mischung von Schwefelsäure und Wasser gefriert, die gebildeten Krystalle vollkommen süß und frei von Schwefelsäure sind. Das Wasser allein hat sich der krystallisirenden Kraft unterworfen.

341. In der arktischen Zone gefriert die See jeden Winter; sie bedeckt sich mit Eis von ausserordentlicher Dicke und ungemeiner Ausdehnung. Von der Sonnenwärme und den Wellenstößen wird es gebrochen; die Trümmer werden von den Winden

fortgetrieben und von Strömen fortgetragen. Sie zerbrechen und zermahlen sich gegenseitig, sie thürmen sich in Massen aufeinander und bilden auf diese Weise die Hauptgefahr für die Schiffer in den Polarmeeren.

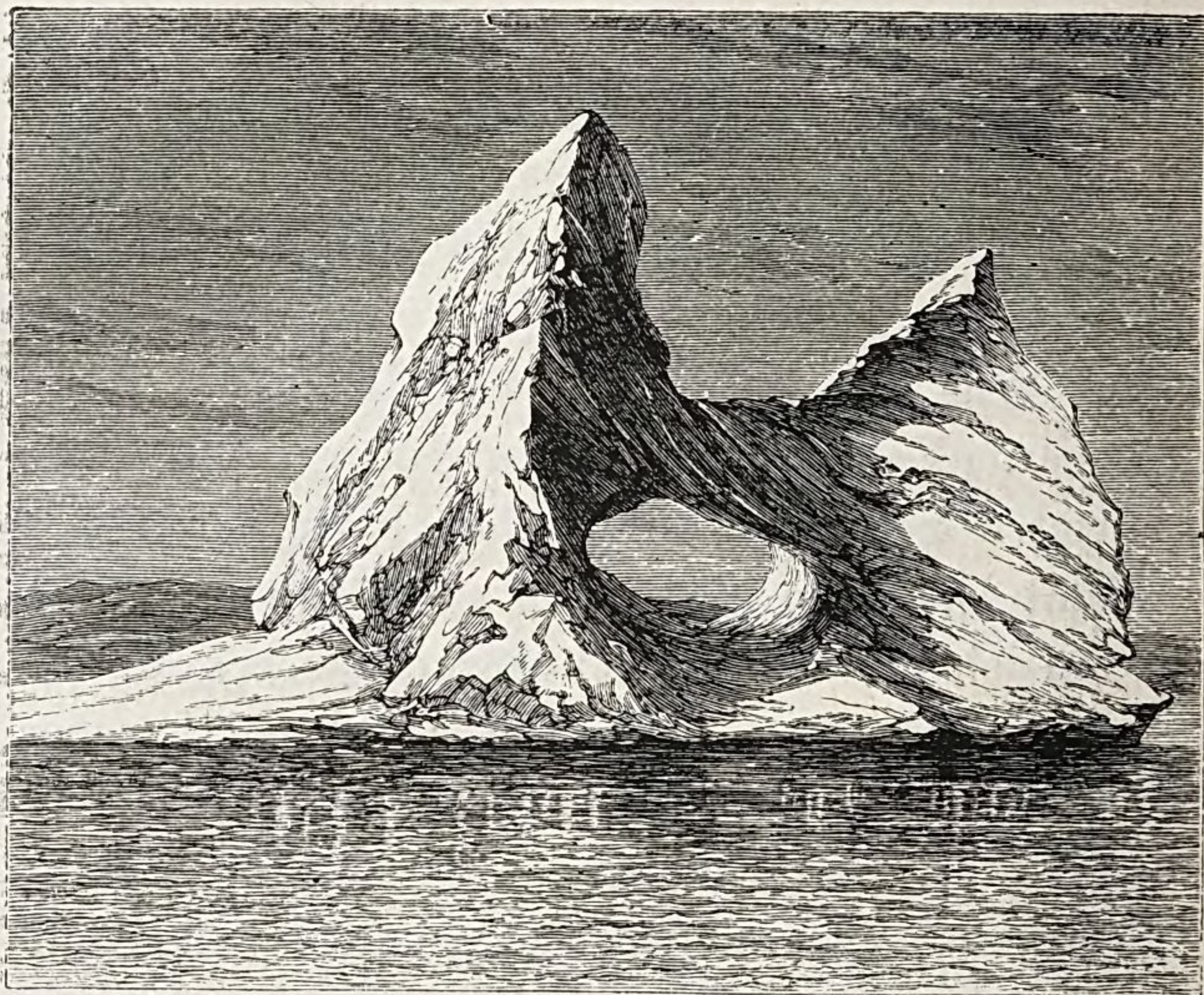
342. Aber zwischen den treibenden Massen von flachem See-Eis schwimmen grössere Massen, welche aus ganz anderer Quelle stammen. Dieses sind die Eisberge des arktischen Meeres. Sie steigen zuweilen bis zu einer Höhe von hundert Fuss über dem Wasser auf, während das Gewicht des unter dem Wasser befindlichen Eises ungefähr sieben mal so gross ist als das der oberhalb sichtbaren.

343. Die ersten Beobachter von auffallenden Naturerscheinungen gestatten der Bewunderung und Einbildungskraft gewöhnlich mehr Spielraum, als diesen zukommt. Um aber jeden Irrthum, der aus dieser Ursache entspringen könnte, auszuschliessen, will ich mich an das Tagebuch eines kühlen und muthigen Eismeerschiffers, des Sir Leopold McClintock, halten. Er beschreibt einen Eisberg, welcher 250 Fuss Höhe und 500 Fuss Tiefe unter dem Wasser hatte. Das macht eine Gesammthöhe des Berges von 750 Fuss, was keine aussergewöhnliche Höhe für die grössern Eisberge ist.

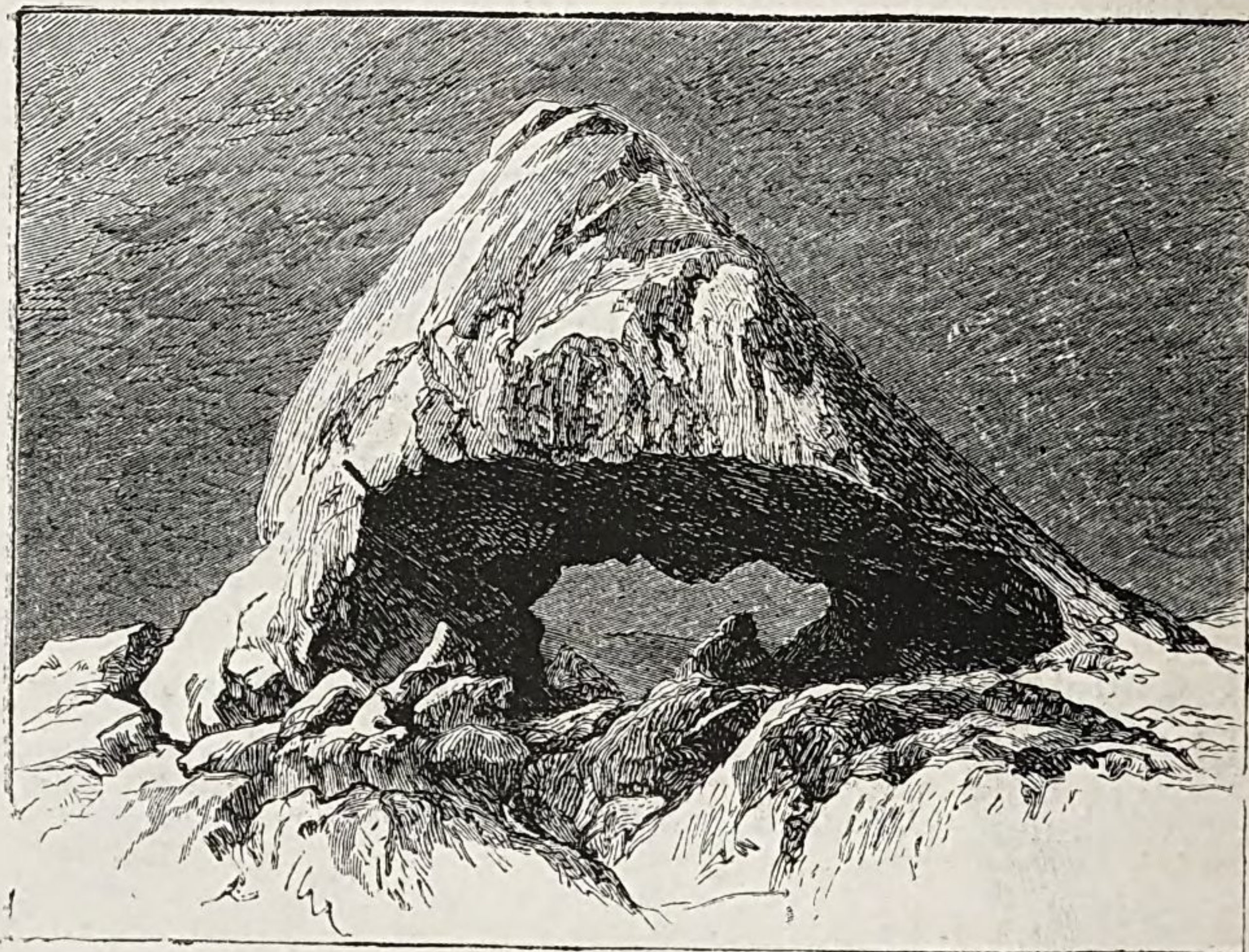
344. Von der Baffinsbai kommen diese gewaltigen Massen durch die Davisstrasse in den Atlantischen Ocean. Es ist schon ein grosser Aufwand von Wärme erforderlich für die einfache Auflösung von Eis (§. 48); und das Schmelzen

der Eisberge ist aus diesem Grunde ein so langsames, dass wenn die Berge gross sind, sie sich zuweilen erhalten, bis sie 2000 englische Meilen von ihrem Ausgangspunkt fortgetrieben worden sind.

345. Was ist ihr Ursprung? Die arktischen Gletscher. Von den Bergen im Innern gleiten die verhärteten Schneemassen in die Thäler und füllen diese mit Eis. Die hieraus entstandenen Gletscher bewegen sich wie die Schweizergletscher unaufhörlich niederwärts. Aber die arktischen Gletscher erreichen die See, gehen in dieselbe hinein und pflügen oft ihren Grund in unterseeische Moränen um. Unterminirt von dem Lecken der Wellen und unfähig, dem Zuge, der ihnen von der eigenen Schwere auferlegt wird, zu widerstehen, brechen sie los und entladen grosse Massen in den Ocean. Einige stranden an den angrenzenden Ufern und erhalten sich jahrelang. Andere treiben südwärts und werden zuletzt von den warmen Wassern des Atlantischen Oceans aufgelöst. Die erste Zeichnung auf der folgenden Seite ist nach einer Photographie gemacht, welche Herr Bradford während einer neulichen Expedition in die Nordmeere aufgenommen hat. Die zweite stellt eine Eismasse auf dem Gletscher des Bossons dar. Ihre Aehnlichkeit lässt ihren gemeinschaftlichen Ursprung vermuthen.



Eisberg des nördlichen Polarmeeres.



Eisberg des Glacier des Bossons.

§. 50. Das Aeggischhorn, der Märgelinsee und seine Eisberge.

346. Ich bin jedoch nicht willens, Sie die Schweiz verlassen zu sehen, ohne dass sie solche Eisberge gesehen haben, wie sie welche aufweisen kann; und wirklich gibt es noch grossartigere Gletscher als die Mer de Glace, mit welchen Sie bekannt gemacht werden müssen. Indem Sie die Rhône bis zu ihrer Quelle verfolgt haben, sind Sie schon das Rhônethal hinaufgestiegen. Wir wollen es noch einmal zusammen besuchen; machen Sie in der kleinen Stadt Viesch halt und gehen Sie von da gerade hinauf in den ausgezeichneten Gasthof am Abhange des Aeggischhorn. Hier wollen wir unser Hauptquartier aufschlagen, während wir den Beherrscher der europäischen Eisströme, den grossen Aletschgletscher erforschen.

347. Den längsten seiner Arme mit einbegriffen, ist dieser erhabene Eisfluss ungefähr zwanzig englische Meilen lang, während er in der Mitte seines Stammes fast eine und eine Viertel englische Meile von einer Seite zur andern misst. Die grössten Berge des Berner Oberlandes, die Jungfrau, der Trugberg, der Mönch, das Aletschhorn, das Breithorn, das Gletscherhorn und mancher andere erhabene Gipfel und Berg sind die Ursprungsstätten seiner Schneefelder. Aus drei grossen Thälern im Herzen der Berge ergiessen sich diese Schneefelder

und verbinden sich dann, um den Stamm des Aletsch zu bilden an einem Platze, den ein witziger Bergbesteiger die „Place de la Concorde der Natur“ genannt hat. Wenn damit die Vorstellungen von ruhiger Grösse, Schönheit der Form und Reinheit der Farbe ausgedrückt werden sollen, so ist der Name wohlbegründet.

348. Unser Gasthaus liegt nicht auf der Spitze des Aeggischhorns, aber ein schneller Morgenspaziergang bringt uns bald auf den Gipfel. Von hier aus sehen wir den Gletscher wie einen breiten Fluss, der sich aufwärts bis an den Fuss der Jungfrau und niederwärts an der „schönen Alp“ vorbei bis an ihr Ende erstreckt. Wenn wir niederwärts weiter blicken, so treffen wir auf die erhabenste Berggruppe der ganzen Alpen — den Dom und die angrenzenden Spitzen, das Matterhorn und das Weisshorn. Das Bild ist wirklich von eindrucksvoller Grösse, eine Menge Gipfel und Kämme, die hier ungenannt bleiben mögen, tragen zu seiner Schönheit bei.

349. Aber tief unten zu unserer Rechten und umgeben von schützenden Bergen ist ein Gegenstand, dessen Schönheit diejenigen, welche unvorbereitet darauf sind, erschreckt. Dort sehen wir die nackte Seite des Gletschers, welcher seine glitzernden Eisriffe 60 oder 70 Fuss in die Höhe streckt. Es könnte scheinen, als ob der Aletsch den eiteln Versuch machte, einen Arm durch ein Seitenthal zu pressen. Einst that er das; aber der

Arm wird jetzt unaufhörlich abgebrochen dicht an dem Körper des Gletschers, ein grosser Raum, der früher mit Eis bedeckt war, wird jetzt von seinem Schmelzwasser eingenommen. Ein See von dem lieblichsten Blau ist auf diese Weise entstanden, welcher ganz an den Fuss der Eisriffe heranreicht, sie untergräbt, wie die arktischen Wellen die Grönland-Gletscher untergraben, und von ihnen die abgebrochenen Massen erhält, welche er unterminirt hat. Während wir auf den See herniederblicken, schwimmen kleine Eisberge über die ruhige Oberfläche, deren jeder einem schneeweissen Schwan mit seinem Schatten gleicht.

350. Dieses ist der schöne kleine Märgelinsee, wie die Schweizer hier ihn nennen. Sie sehen das spritzende Wasser und hören unmittelbar darauf das Geräusch des fallenden Eises. Der Gletscher ist vor unsern Augen geborsten und hat einen Eisberg in den See stürzen lassen. Ueber den ganzen See hinweg wird das Wasser davon in Bewegung gesetzt und gibt auf diese Weise ein Bild in kleinem Massstab von den schwankenden Wellen, welche durch das Herabstürzen ungeheurerer Eisinsein von den arktischen Gletschern erzeugt werden. Sehen Sie hinüber an das Ende des Sees. Es ist überdeckt mit den Ueberbleibseln auf dem Grunde fest-sitzender Eisberge, welche zum Theil vom Wind dahingeweht, aber zum Theil vom Wasser langsam dahingetragen wurden, welches sich sanft nach jener Richtung zu bewegt.

351. Stellen wir uns vor, wir seien unten an dem Rande des Sees, wo ich auch bei einer Gelegenheit war. Ein grosser, einsamer Eisberg schwimmt ungefähr in der Mitte. Plötzlich hören wir einen Ton wie von einem Wasserfall; wir blicken nach dem Eisberg und sehen Wasser aus seinen Seiten strömen. Woher kommt das Wasser? Der Berg hat das Gleichgewicht verloren durch das untere Abschmelzen; er ist eben dabei, einen Purzelbaum zu schiessen und im Ueberstürzen nimmt er eine grosse Menge Wasser mit, welches wie ein Wasserfall an seinen Seiten herniederrauscht. Und beobachten Sie, dass der Eisberg, welcher einen Augenblick zuvor schneeweiss erschien, jetzt die zarte blaue Farbe zeigt, welche festes Eis auszeichnet. Er wird jedoch durch die Einwirkung der Sonne bald wieder weiss werden. Die grössern Eisberge der Nordmeere stürzen zuweilen auf dieselbe Weise über. Eine Woche kann man mit Genuss und Vortheil auf dem Aeggischhorn zubringen.

§. 51. Die schöne Alp (Bel-Alp).

352. Vom Aeggischhorn könnte ich Sie auf dem Bergrücken entlang beim Bettensee vorbei, dessen Fische wir schon geschmeckt haben, zur Rieder-Alp und von da über den Aletsch zur schönen Alp führen. Das ist eine schöne Bergwanderung, aber Sie und ich ziehen es vor, den Gletscher zu unserer Heerstrasse niederwärts zu machen. An manchen

Stellen leicht, ist es an andern keineswegs ein Kinderspiel, über seine Spalten hinwegzukommen. Aber die sichere Beständigkeit und aufmerksame Beobachtung, welche uns bisher an schwierigen Stellen geholfen haben, verlassen uns auch hier nicht. Wir springen über die Spalten, und nach vier Stunden erfreulicher Anstrengung befinden wir uns auf dem Abhange, welcher nach dem Bel-Alp-Gasthaus hinaufführt.

353. Dieses ist einer der schönsten Halteplätze in den Alpen. Vor uns zum Aeggischhorn und Märgelinsee hinauf streckt sich der letzte lange Ausläufer des Aletsch mit seiner grossen Mittelmoräne, die auf seinem Rücken entlang läuft. Nahebei ist der wilde Schlund des Massa, in welchem die Zunge des Gletschers hingestreckt liegt wie der Kopf einer Schlange. Die schöne Gruppe der Oberaletsch-Gletscher ist leicht zu erreichen. Ueber uns ist eine Spitze, Scharrenhorn genannt, dem mittelmässigsten Bergsteiger erreichbar, auf dessen Spitze wir in wenig mehr als einer Stunde sein können. Unter uns ist der Oberaletsch-Gletscher, der die vollkommenste Mittelmoräne zeigt. Nahe bei uns ist die grosse Masse des Aletschhorns, von seinen Schneefeldern eingefasst und in braunem Fels gipfelnd. Es wird getragen von andern Gipfeln, die fast so erhaben wie es selbst sind. Das Nesthorn ist nahe bei; wenn wir unsere Augen nach Westen schweifen lassen, streifen sie die grossartige, schon angeführte Dreiheit: das Weisshorn,

das Matterhorn und den Dom. Werfen Sie einen Blick auf die Spalten des Gletschers unmittelbar unter uns. Er stürzt an seinem Ende einen jähen Abhang hinab und ist stark zerborsten. Aber die Spalten öffnen sich, ehe der steile Theil erreicht ist, und Sie bemerken die Vereinigung der Rand- und der Querbrüche, welche ein System gekrümmter Spalten erzeugt, deren convexe Seiten nach oben zeigen. Die mechanische Ursache davon ist Ihnen jetzt bekannt. Die Gletschertische sind zahlreich und schön. Ich möchte gern eine Woche lang mit Ihnen hier verweilen, die bestehenden Gletscher durchforschen und die Beweise für andere vergangene aufsuchen.

§. 52. Der Riffelberg und Görnergletscher.

354. Obgleich unsere Vermessungen und Beobachtungen auf der Mer de Glace mehr oder weniger alles darstellen, was anderswo gethan oder beobachtet werden kann, möchte ich Sie doch nicht gern mit dem grossen System derjenigen Gletscher unbekannt lassen, welche von den nördlichen Abhängen des Monte-Rosa und der angrenzenden Berge herabströmen. Von der Bel-Alp können wir nach Brieg hinuntersteigen und von dort nach Visp fahren; aber Sie und ich ziehen die luftigen Höhen vor. So biegen wir um das Vorgebirge von Nessel herum, bis wir über dem Rhônethal gegenüber von Visp stehen. Von diesem Dorfe

führt eine Stunde Wegs nach Stalden, wo sich das Thal in zwei Arme theilt; der eine führt durch Saas über den Monte-Moro und der andere durch St.-Nicholas nach Zermatt. Der letztere ist unser Weg.

355. Wir erreichen Zermatt, halten uns da aber nicht auf. Auf dem Bergkamm, 4000 Fuss über dem Thal, nehmen wir das Riffelberg-Gasthaus wahr. Zu diesem gelangen wir. Uns gerade gegenüber befindet sich der Gipfel des Matterhorn; es erscheint Ihnen unglaublich, dass je ein menschlicher Fuss dessen Spitze betreten könnte. Dennoch haben Beharrlichkeit und Eifer dies ausgeführt, aber das erste Beispiel kostete einen schrecklichen Preis. Auf dem kleinen Kirchhof von Zermatt haben wir die Gräber von zwei der grössten Bergbesteiger, die Savoyen und England hervorgebracht haben, gesehen, und welche mit zwei muthigen jungen Gefährten im Jahre 1865 vom Matterhorn herunterstürzten.

356. Auf dem Riffelberge sind wir nur eine Stunde Wegs von dem berühmten Görnergrat entfernt, welcher eine so grossartige Aussicht auf die Gletscher des Monte-Rosa gewährt. Aber jener ungeheuere Knorren von vollkommen kahlem Fels, welcher das Riffelhorn genannt wird, muss unser Standort sein. Was die Schluchtstation für die Mer de Glace ist, das ist das Riffelhorn für den Görnergletscher und seine Zuflüsse. Von der niedrigeren Seite ist der Felsen, so leicht es auch

scheinen mag, unzugänglich. Hier fand in der That 1865 ein fünfter braver Mann sein Ende, und er liegt ebenfalls neben seinen Landsleuten auf dem Kirchhof zu Zermatt. An einem kleinen Moor oder See, Riffelsee genannt, vorbei, greifen wir das Riffelhorn an seiner obern Seite an. Es gehört grosse Felsengewandtheit dazu, den Gipfel zu erreichen, aber von diesem beherrschen wir eine ganz ausserordentliche Aussicht.

357. Die ungeheuere, vielgipfelige Masse des Monte-Rosa ist vor uns, und wir messen seine Schneefelder von oben bis unten. Zur Rechten ist der mächtige Grat des Lyskammes, ebenfalls mit Schnee bedeckt, und zwischen beiden liegt der westliche Gletscher des Monte-Rosa. Dieser Gletscher trifft auf einen andern aus den ungeheuern Schneefeldern des Cima di Jazzi; sie vereinigen sich, um den Görnergletscher zu bilden, und von dem Ort ihrer Vereinigung aus erstreckt sich die gewöhnliche Mittelmoräne. Auf dieser Seite des Lyskammes erheben sich zwei schöne Schneegipfel, die Zwillinge Castor und Pollux; dann kommen die braunen Klippen des Breithorn, dann das Kleine Matterhorn und dann das weite Schneefeld des Théodule, aus welchem das Grosse Matterhorn entspringt und welches wir später nach Italien hinein überschreiten wollen.

358. Die Thäler und Vertiefungen zwischen diesen Bergen sind mit Gletschern angefüllt. An den Seiten des Zwillings Castor entlang läuft der

Zwillingsgletscher (Glacier des Jumeaux), vom Pollux kommt der Schwarze Gletscher, vom Breithorn der Triftigletscher, dann kommt der Kleine Matterhorngletscher und der Théodulegletscher, und jeder führt, indem er sich an den Stamm anschweisst, seine Mittelmoräne mit sich. Wir kön-



Der Görnergletscher mit dem Monte-Rosa in der Entfernung und dem Riffelhorn zur Linken.

nen neun solcher Moränen von unserm jetzigen Standpunkt aus zählen. Und in einem noch überraschenden Masse als auf der Mer de Glace gewahren wir die Fähigkeit des Eises, dem Drucke nachzugeben; die weiten Schneefelder werden an den Stamm des Görner zu weissen Streifen zu-

sammengepresst, welche zwischen ihren angrenzenden Moränen immer enger werden und zuletzt unter ihrem eigenen Gerölle verschwinden.

359. An den beiden hauptsächlichen Zuflüssen bemerken wir auch Moränen, welche bei beiden aus dem Körper des Gletschers hervorzusteigen scheinen, indem sie in der Mitte des Eises, ohne irgendwelchen sichtbaren Ursprung weiter oben, erscheinen. Diese Moränen sind an ihren Anfängen unter dem Gletscher gelegen und sind von felsigen, vollkommen mit Eis bedeckten Erhöhungen abgerieben worden. Sie liegen eine Zeit lang verborgen in dem Gletscher und erscheinen auf der Oberfläche, wo das Eis über ihnen von der Sonne weggeschmolzen worden ist.

360. Hier ist der Ort, eine von den Bewohnern der Alpen längst gemachte Beobachtung zu erwähnen, dass nämlich Gletscher die Kraft besitzen, alle Unreinigkeiten aus sich auszustossen. Auf der Mer de Glace haben wir grosse Flecken von Lehm und schwarzem Schlamme bemerkt, welcher augenscheinlich aus dem Körper des Gletschers kam, und wir können daher verstehen, wie natürlich die Meinung von Ausstossung bei dem Volke entstand, welches nicht an nähere Beobachtung gewöhnt ist. Aber in dieser Beziehung ist die Kraft des Gletschers in Wirklichkeit die Kraft der Sonne, welche das Eis über verborgenen Unreinigkeiten schmilzt und sie ebenso wie die Körper der Führer auf dem

Gletscher des Bossons (143) an das Tageslicht befördert.

361. Auf keinem andern Gletscher werden Sie mehr Gegenstände von Interesse finden als auf dem Görner. Sandkegel, Gletschertische, tiefe, durch Bäche eingeschnittene Eisschlünde, phantastisch von Steinblöcken überbrückt, Mühlen, zuweilen gewölbte Eishöhlen von ausserordentlichem Umfang und grosser Schönheit. An dem tiefern Theile des Gletschers bemerken wir das zeitweilige Verschwinden der Mittelmoräne in den Spalten und ihr Wiedererscheinen am Fuss der schiefen Ebene. Während vieler Jahre war dieser Gletscher in beständigem Vorwärtsschreiten nach der Wiese vor ihm, indem er den Boden aufpflügte und die Häuschen auf dem Wege umstürzte. Er betheiligt sich jetzt an dem allgemeinen Rückzug, welcher seit den letzten funfzehn Jahren unter den Alpengletschern stattfindet. Wie gewöhnlich entspringt ein Fluss, der Visp, aus einer Höhle am Ende des Görnergletschers.

§. 53. Vormalige Gletscher der Schweiz.

362. Sie erinnern sich noch der alten Moräne, welche uns bei unserm ersten Aufsteigen von der Quelle des Arveiron so sehr auffiel; denn sie eröffnete uns die Thatsache, dass die Mer de Glace in einer Periode ihrer Geschichte eine viel grössere Ausdehnung gehabt hat als jetzt. Unsere seitdem gewonnene Erfahrung setzt uns in den Stand, diese

Zeugnisse der Eisthätigkeit in einem Masse zu verfolgen, von dem wir damals noch keinen Begriff hatten.

363. Nahe am bestehenden Gletscher haben wir z. B. öfters die Bergseite kahl liegen sehen durch den Rückzug des Eises. Das ist besonders jetzt sehr deutlich, weil in den letzten funfzehn oder sechzehn Jahren die Gletscher der Alpen in beständigem Abnehmen waren; sodass man nicht selten die am Rande stehenden Felsen in einer Höhe von 50, 60, 80 oder selbst 100 Fuss über dem jetzigen Gletscher kahl sieht. An den auf diese Weise blossgelegten Felsen sehen wir die deutlichen Spuren des Gleitens, und unsere Augen und Sinne haben sich durch die Beobachtung dieser Erscheinungen so ausgebildet, dass wir fähig sind, mit Bestimmtheit Eiszeichen zu entdecken oder Moränen, vormalige oder neue, wo sie sich auch zeigen mögen.

364. Aber die Höhen, auf welchen wir solche Beweise gefunden haben, können leicht den Glauben an die daraus zu ziehenden Schlüsse erschüttern. Neben der Massa-Gorge, 1000 Fuss über dem jetzigen Aletschgletscher finden wir eine grosse alte Moräne. Indem wir die Wiesen zwischen der Bel-Alp und Platten hinuntersteigen, finden wir eine andere, welche jetzt mit Gras bedeckt ist und ein Dorf auf ihrem Rücken trägt. Aber ich möchte Sie in eine Gegend führen, welche die deutlichen Anzeichen davon noch in einem grossartigern und

eindrücklicher Masse darstellt. Wir haben schon einen kleinen Ausflug in das Haslithal und den Aargletscher gemacht. Lassen Sie uns diesen Gletscher als Ausgangspunkt nehmen. Wenn wir von ihm niederwärts gehen zur Grimsel hin, so kommen wir überall an eigenthümlich abgerundeten, gereiften und genarbten Felsen vorbei. Diese Erscheinungen sind offenbar das Werk des Gletschers aus neuerer Zeit. Aber wir nähern uns der Grimsel, und bei einer Wendung des Thals stehen wir vor der steilen Granitseite des Bergs. Die Spuren des vormaligen Eises sind hier ebenso klar als erstaunenerregend. Die Felsen sind so hart, dass nicht nur die Reifeln und Glätten, sondern selbst die feinen Risse von vor unnennbaren Tausenden von Jahren so deutlich sind, als seien sie gestern gemacht. Wir können diese Zeichen bis zu einer Höhe von 2000 Fuss über der jetzigen Thalsohle verfolgen. Es ist unzweifelhaft, dass einst ein Eisfluss von dieser erstaunlichen Tiefe durch das Haslithal geflossen ist.

365. Drüben ist der Gipfel des Siedelhorn; und wenn wir ihn erreichen, wird der Unteraargletscher wie eine Karte vor uns liegen. Von diesem beherrschenden Punkte sehen wir auf den Bergseiten deutlich die Höhe bezeichnet, bis zu welcher das vormalige Eis gereicht hat. Der Eisgrundtheil der Berge unterscheidet sich deutlich von den zersplitterten Kämmen, welche in jenen vergangenen Tagen über der Oberfläche des Gletschers empor-

stiegen und welche damals wie Inselspitzen und Kämme in der Mitte eines Eisoceans erschienen sein müssen.

366. Wir eilen jetzt das Siedelhorn hinunter, gelangen wiederum in das Haslithal, in welchem wir über zwanzig englische Meilen weit den Spuren des Eises folgen. Gereifelte Abgründe, geglättete Platten und schön gerundete Granitkuppeln. Rechts und links auf den Bergseiten, in grossen Höhen erscheinen die Zeichen. Wir folgen den Fussstapfen des Gletschers bis zum Briener See; und wenn wir unsere Nachforschungen fortsetzten, würden wir erfahren, dass alle Seebetten dieser Gegend in der vorhin genannten Zeit die Last von ungeheuern Eismassen trugen.

367. Statt des Haslithals könnten wir auch das Rôhnethal nehmen. Die Spuren eines mächtigen Gletschers, welcher es früher ausgefüllt hat, können den ganzen Weg bis Martigny verfolgt werden, welches 60 englische Meilen vom gegenwärtigen Eis entfernt ist. In Martigny wurde der Rôhne-gletscher durch einen andern vom Mont-Blanc verstärkt, und die zusammengeschweissten Massen bewegten sich vorwärts, indem sie die Berge rechts und links ebneten bis zum Genfensee, dessen Becken sie vollständig ausfüllten. Andere Zeichen beweisen, dass der Gletscher hier nicht endigte, sondern über die flache Gegend hinwegtrieb, bis er auf die Kalksteinmauer des Jura stiess.

§. 54. Erratische Blöcke.

368. Welches sind diese andern Zeichen? Wir haben mächtige Felsen auf den Moränen der Mer de Glace gelagert gesehen, und wir wissen jetzt, dass, wenn sie nicht vom Frost zersplittert und zertrümmert werden, sie in spätern Tagen durch den Gletscher des Bois im Chamounithal ans Land gesetzt werden. Sie haben schon gelernt, dass diese Blöcke oft die mineralogische Natur der Gebirge, zwischen welchen der Gletscher hindurchgekommen ist, offenbaren, und dass auf diese Art Steinproben herniedergebracht werden, deren Charakter ganz verschieden ist von demjenigen der Felsen, zwischen welchen sie zuletzt landen; das ist besonders auffallend bei den erratischen Blöcken, welche am Jura entlang stranden.

369. Denn der Jura selbst ist, wie schon gesagt wurde, reiner Kalkfels; keine Spur von ursprünglichem Granit ist zwischen den Hügeln zu finden. Dennoch finden wir am Abhange des Bergs oberhalb der Stadt Neufchâtel und ungefähr 800 Fuss über dem Neufchâteler See einen Gürtel von Granitblöcken vom Mont-Blanc. Und wenn wir den Erdboden von der angrenzenden Bergseite wegräumen, finden wir auf den Kalkfelsen die Narben vom alten Gletscher, welcher die Blöcke hierherbrachte.

370. Der berühmteste dieser Felsen, der Pierre-à-Bôt geheissen, misst 50 Fuss in der Länge, 40

in der Höhe und 20 in der Breite. Wenn wir diese drei Zahlen miteinander multipliciren, erhalten wir 40000 Kubikfuss als Rauminhalt des Felsens.

371. Aber das ist klein im Vergleich zu einigen Felsen, welche die Fracht von noch neuen Gletschern bilden. Lassen Sie uns einen von ihnen besuchen. Wir waren schon in Stalden, wo sich das Thal in zwei Arme theilt; der rechte Arm führt nach St.-Nicolas und Zermatt, und der linke nach Saas und dem Monte-Moro. Drei Stunden oberhalb Saas kommen wir an das Ende des Alleleingletschers, welcher nicht die Mitte des Thals ausfüllt, sondern querüber gezogen ist, sodass er die Wasserableitung des Thals wie ein Damm aufhält. Ueber dem Eisdamm haben wir den Mattmarksee, und am obern Ende des Sees ein kleines Wirthshaus, das den Reisenden des Monte-Moro wohlbekannt ist.

372. Dicht bei diesem Wirthshaus ist der grösste Felsblock, den wir je gesehen haben. Er misst 240000 Kubikfuss. Wenn wir über das Thal wegsehen, bemerken wir einen Gletscher, dessen jetziges Ende eine halbe englische Meile vom Felsen entfernt ist. Der Stein ist, glaube ich, Serpentinstein, und wenn wir den Schwarzberggletscher bis in seine obern festen Massen untersuchen würden, dann würden wir zwischen diesen die Geburtsstätte des riesenhaften Steins finden. Vor vierundvierzig Jahren, als der Gletscher den Platz erreichte, welcher jetzt vom Felsen eingenommen wird, landete er seine mächtige Fracht und zog sich dann zurück.

Nahe dabei ist ein zweiter eisgeborener Felsen, welcher für sehr gross gehalten würde, wenn er nicht durch den Anblick seines unermesslichen Nachbars kleiner erschiene.

373. Beweise dieser Art lassen sich noch zahlreich beibringen. In der That sind gerade jetzt ausgezeichnete Männer wie Professor Favre aus Genf dabei, aus der Vertheilung der erratischen Blöcke die Ausdehnung der alten Gletscher der Schweiz zu bestimmen. Es war indessen ein Ingenieur, Namens Venetz, welcher zuerst diese Beweise ans Licht brachte und einer ungläubigen Welt die weite Ausdehnung des alten Eises kundthat. Herr Agassiz entwickelte und erweiterte später diese Entdeckung auf wunderbare Weise. Vielleicht die interessanteste Beobachtung in Bezug auf vormalige Gletscher ist diejenige des Dr. Hooker, welcher auf einem erst kürzlich stattgefundenen Besuch in Palästina gefunden hat, dass die berühmten Cedern des Libanon auf vormaligen Moränen wachsen.

§. 55. Vormalige Gletscher in England, Irland, Schottland und Wales.

374. Zur Zeit, als das Eis diese aussergewöhnliche Entwicklung in den Alpen erreichte, waren auch viele andere Theile von Europa, wo jetzt keine Gletscher sind, von ihnen bedeckt. In den schottischen Hochlanden, in den Gebirgen von

England, Irland und Wales haben die vormaligen Gletscher ihre Geschichte so deutlich eingegraben, wie in den Alpen selbst. Ich möchte gern mit Ihnen durch Borrodale in Cumberland, oder durch die Thäler bei Bethgellert in Wales wandern. Unter all der Herrlichkeit der jetzigen Landschaft würden wir die Denkzeichen einer Zeit entdecken, in der die ganze Gegend von Eis umschlossen war. Professor Ramsay ist besonders ausgezeichnet durch seine Schriften über die vormaligen Gletscher von Wales.

375. Wir haben die Reeks von Magillicuddy als die grossen Verdichter des atlantischen Wasserdampfes kennen gelernt. In der Zeit, von der wir jetzt sprechen, ist diese Feuchtigkeit nicht als weicher, befruchtender Regen herniedergekommen, sondern als Schnee, welcher die Nahrung grosser Gletscher bildete. In einer Kette von Seen besteht jetzt der Hauptreiz von Killarney; dem obern, mittlern und untern See. Stellen wir uns vor, wir schiffen nach dem obern Ende des obern Sees zu und hätten den Purple Mountain zu unserer Rechten. Indem Sie sich an unsere Reisen in den Alpen erinnern, würden Sie mich unfehlbar auf die Glätte der Felsen aufmerksam machen und erklären, dass sie sicherlich von der Thätigkeit von Gletschern herrührt. Mit geschärfter Aufmerksamkeit landen wir am obern Ende des Sees und gehen das Schwarze Thal hinan bis an den Fuss der Magillicuddy's Reeks. Sie würden den Schluss ziehen,

dass dieses Thal eine ebenso wunderbare Geschichte erzählt wie das Haslithal.

376. Wir gelangen zu unserm Boot und rudern durch den obern See heimwärts. Seine Inseln haben jetzt ein neues Interesse für uns. Einige von ihnen sind kahl, andere sind vollständig oder zum Theil mit üppigem Pflanzenwuchs bedeckt; aber sowol die kahlen als die bedeckten Inseln sind vom Eis glattgeschliffen. Die Zeit hat ihre Formen nicht verändert: da ist der Kanonenfelsen, der Riesensarg, das Kriegsschiff, alle ausgehauen, als ob der Meissel sie in unserer eigenen Zeit bearbeitet hätte. Diese Seen, welche jetzt von zarter Waldschönheit umgeben sind, waren alle mit vormaligem Eis ausgefüllt. Es ist verschwunden, und Samen aus andern Gegenden wurden hierher geweht, um die Bäume, Sträucher, Farn und Gräser zu säen, welche jetzt Killarney so schön machen. Der Mensch selbst, heisst es, sei in dieser Zeit auf der Erde erschienen; aber von dem wirklichen Zeitpunkt und der Art des Erscheinens des Menschen ist, offen gestanden, wenig bekannt; um mit der Wissenschaft die schönen Mythen und Geschichten der Bibel übereinstimmend zu machen, hat man neue Auslegungen für sie gefunden.

377. Es liegt in der Natur und dem Streben des menschlichen Geistes, rückwärts und vorwärts zu sehen; zu versuchen, die Vergangenheit wiederherzustellen und die Zukunft vorauszusagen. Mit dieser Eigenschaft ausgestattet und aus Thatsachen,

die mit Geduld und Mühe gewonnen wurden, erlangen wir eine Vorstellung von dem Zustande der Dinge, wie sie vor Tausenden, vielleicht vor Millionen Jahren waren, ehe die Geschichte der Menschheit ihren Anfang hatte.

§. 56. Die Eiszeit.

378. Diese Zeit der Eisausdehnung hat man die Eiszeit genannt. Bei dem Versuche, sie zu erklären, sind grosse Geister in schwere Irrthümer verfallen, wie wir gleich sehen werden.

379. Der Stoff, von welchem wir bisher gehandelt haben, besteht in drei verschiedenen Zuständen: als ein fester Stoff: Eis; als ein flüssiger: Wasser; als ein luftförmiger: Wasserdampf. Um ihn aus einem dieser Zustände in den nächstfolgenden übergehen zu lassen, ist Wärme nöthig.

380. Bohren Sie ein Loch im Sommer in das Eis der Mer de Glace und stecken Sie ein Thermometer in dasselbe, so wird es 0° C. zeigen. Stecken Sie das Thermometer in einen der Gletscherflüsse, so wird er gleichfalls 0° C. zeigen. Das Wasser ist folglich ebenso kalt wie das Eis.

381. Hieraus folgt, dass die ganze Wärme, welche von der Sonne auf den Gletscher ausgeströmt und von diesem verschluckt worden ist, nur dazu angewandt wurde, um das Eis zu schmelzen, und dass

sie weder das Eis, noch das Wasser um einen einzigen Grad erwärmt hat.

382. Setzen Sie Wasser einem Feuer aus, so wird es eine Zeit lang immer wärmer. Dann kocht es, und von diesem Augenblicke an hört es auf, heisser zu werden. Nachdem es angefangen hat zu kochen, wird alle von dem Feuer mitgetheilte Wärme durch den Dampf abgeführt, obgleich der Dampf nicht den geringsten Theil eines Grades heisser ist als das Wasser.

383. In der That, nur um Eis zu schmelzen, ist eine grosse Menge von Wärme nöthig, und um Wasser in Dampf zu verwandeln, ist eine noch grössere Menge von Wärme nöthig. Und da diese Wärme das Wasser nicht wärmer macht als das Eis, und den Dampf nicht wärmer als das Wasser, so hat man eine Zeit lang angenommen, dass die Wärme im Wasser und im Dampfe verborgen sei. Und sie wurde daher verborgene oder latente Wärme genannt.

384. Lassen Sie uns die Frage stellen, wie viel Wärme die Sonne ausströmen muss, um ein Pfund Wasser des tropischen Oceans in Dampf zu verwandeln? Diese Frage ist durch Versuche genau gelöst worden. In runden Zahlen ausgedrückt, würde dazu 550 mal so viel Wärme erfordert, als nöthig ist, um ein Pfund Wasser einen Grad wärmer zu machen.

385. Aber dieselbe Menge Wärme, welche die Temperatur eines Pfundes Wasser um einen Grad

erhöht, würde die Temperatur eines Pfundes Eisen um zehn Grad erhöhen. Das ist ebenfalls durch Versuche bewiesen worden. Daraus folgt, dass, um ein Pfund Wasser des tropischen Oceans in Dampf zu verwandeln, die Sonne 5500 mal so viel Wärme abgeben muss, als nothwendig ist, um die Temperatur eines Pfundes Eisen um einen Grad zu erhöhen.

386. Diese Wärmemenge würde die Temperatur von fünf Pfund Eisen auf 1100 Grad bringen, was nahezu der Schmelzpunkt für Gusseisen ist; bei dieser Temperatur würde das Eisen nicht nur weissglühend werden, sondern in den geschmolzenen Zustand übergehen.

387. Ueberlegen Sie die Schlüsse, zu welchen wir jetzt gelangt sind. Für jedes Pfund tropischen Dampfes oder für jedes Pfund Alpeneis, das aus der Gefrierung dieses Dampfes entstanden ist, wird von der Sonne ein Betrag Wärme abgegeben, welcher genügen würde, um fünf Pfund Gusseisen auf seinen Schmelzpunkt zu erhitzen.

388. Es würde nicht schwer sein, das Gewicht der Mer de Glace und ihrer Zuflüsse annähernd zu berechnen und zum Beispiel zu sagen, dass sie so und so viel Millionen Tonnen Eis und Schnee enthalte. Stellen Sie sich nun an Stelle des Eises eine Masse weissglühenden Eisens vom fünffachen Gewicht vor, so wird sich Ihr Geist eine Vorstellung machen können von dem ungeheuern Be-

trag Wärme, den die Sonne geliefert hat, um den jetzigen Gletscher zu bilden.

389. Sie müssen darüber nachdenken, bis es Ihnen so klar wie die Sonne selbst geworden ist. Denn Sie dürfen von nun an nicht mehr in den schon besprochenen Irrthum verfallen, der so viele befangen hat. Der Zusammenhang zwischen Eis und Kälte schien so selbstverständlich, dass sogar berühmte Männer annahmen, es bedürfe nur einer Verminderung der Sonnentemperatur, um eine weitere Ausbreitung unserer Gletscher herzustellen. Hätten sie unsere vorhergehenden Betrachtungen und Berechnungen angestellt, so würden sie wahrscheinlich mehr Wärme statt weniger für die Entstehung der Eiszeit verlangt haben. Was ausserdem wirklich nöthig war, das sind genügend wirksame „Verdichter“, um den durch die Sonnenwärme entstandenen Dampf zum Gefrieren zu bringen.

§. 57. Gletschertheorien.

390. Sie haben unser Besteigen der Schluchtstation noch nicht vergessen, und werden es wol schwerlich je vergessen. Gedanken wurden damals angeregt, welche wir noch nicht besprochen haben. Wir sahen die Zweiggletscher aus ihren Schneefeldern herniederkommen, wir sahen sie sich zusammenschweissen, durch Trélaporte stürzen und sich später durch das geschlängelte Thal der Mer de Glace bewegen. Diese Erscheinungen allein,

abgesehen von den daraus folgenden Beobachtungen, wären genügend, um den Gedanken anzuregen, dass Gletschereis, so hart und spröde es auch erscheinen mag, in Wirklichkeit eine zähe Masse ist, ähnlich Honig, Sirup, Theer oder Lava.

§. 58. Ausdehnungs- und Gleitungstheorien.

391. Diese Meinung wurde jedoch von dem grössten Theil der Schriftsteller über Gletscher nicht getheilt. Scheuchzer aus Zürich, ein grosser Naturforscher, besuchte die Gletscher im Jahre 1705 und trug eine Theorie ihrer Fortbewegung vor. Er wusste, dass Wasser sich beim Gefrieren ausdehnt, und dass die Kraft der Ausdehnung so gross ist, dass dicke Bombenhülsen, welche mit Wasser gefüllt sind, das man frieren lässt, wie wir wissen (312) durch das Eis in ihnen in Stücke gesprengt werden. Scheuchzer nahm an, dass das Wasser in den Spalten der Gletscher, welches gefriert und sich mit unwiderstehlicher Gewalt ausdehnt, die Kraft wäre, welche den Gletscher abwärts drängt. Er fügte dieser Theorie andere Bemerkungen von weniger wissenschaftlicher Art hinzu.

392. Viele Jahre später erneuerte und entwickelte de Charpentier aus Bex diese Theorie mit solcher Geschicklichkeit und Ausführlichkeit, dass sie lange Zeit als Charpentier's Theorie der Ausdehnung bekannt war. Eine Zeit lang nahm Herr Agassiz diese Theorie an, und sie wurde mehr oder weniger

auch von andern Schriftstellern aufrecht erhalten. Ein Gletscher wurde in der That für ein Vorrathshaus voll Kälte angesehen, fähig, alles Wasser, das durch ihn sickert, zu gefrieren. Die Theorie wurde aufgegeben, als diese Vorstellung von der Gletscherkälte von Herrn Agassiz als unhaltbar erwiesen wurde.

393. Im Jahre 1760 trugen Altmann und Grüner die Ansicht vor, dass die Gletscher sich vermittels Gleitens in ihrem Bett fortbewegten. Fast vierzig Jahre später wurde diese Meinung von De Saussure wieder belebt, und sie wurde daher „De Saussure's Theorie“ oder die „Gleitungstheorie“ der Gletscherbewegung genannt.

394. Man hatte jedoch nur wenig Ursache, den Namen von de Saussure mit dieser oder irgend-einer andern Gletschertheorie in Verbindung zu bringen. Unaufhörlich mit Beobachtungen anderer Art beschäftigt, widmete dieser berühmte Mann sehr wenig Zeit und Nachdenken der Frage über die Gletscherbewegung. Was er über diesen Gegenstand geschrieben hat, liest sich weniger wie die Ausarbeitung einer Theorie, als wie der Ausdruck einer Meinung.

§. 59. Plastische Theorie.

395. Von keinem dieser Schriftsteller wird die Eigenschaft der Zähigkeit oder Knetbarkeit dem Gletschereise zugeschrieben; die Erscheinungen vie-

ler Gletscher legen einem jedoch diesen Gedanken so nahe, dass wir sicher sein können, er würde häufiger Ausdruck gefunden haben, wäre er nicht in solchem anscheinenden Widerspruch mit unserer alltäglichen Erfahrung vom Eis.

396. Dennoch fand diese Meinung ihre Vertheidiger. In einem kleinen Buche, das im Jahre 1773 veröffentlicht wurde und „Malerische Reise in die Gletscher von Savoyen“ benannt war, schrieb Bordier aus Genf Folgendes: „Es ist jetzt Zeit, auf alle diese Gegenstände mit den Augen der Vernunft zu sehen; zuerst die Lage und die Fortbewegung der Gletscher näher kennen zu lernen und die Lösung ihrer hauptsächlichlichen Erscheinungen zu suchen. Beim ersten Anblick der Eisberge drängt sich eine Beobachtung auf, die genügend erscheint, um alles zu erklären. Es ist die, dass die ganze Masse des Eises im Zusammenhang ist und von oben nach unten drängt nach Art der Flüssigkeiten. Lassen Sie uns denn das Eis nicht für eine vollkommen steife und unbewegliche Masse ansehen, sondern für einen Haufen erstarrten Stoffs, ähnlich wie erweichtes Wachs, das bis zu einem gewissen Grade biegsam und dehnbar ist.“* Hier ist wahrscheinlich zum ersten mal die Eigenschaft

* Ich bin meinem ausgezeichneten Freunde, Herrn Professor Studer in Bern, dafür zu Dank verpflichtet, dass er meine Aufmerksamkeit auf Bordier's Buch gelenkt hat, und meinen Freunden am Britischen Museum für die grosse Mühe, die sie sich gegeben haben, es für mich ausfindig zu machen.

der Knetbarkeit dem Gletschereis zugeschrieben worden.

397. Für uns, die wir mit dem Aussehen der Gletscher vertraut sind, muss es wunderbar scheinen, dass dieser Gedanke, sobald er einmal ausgesprochen war, nicht sogleich Anerkennung und Entwicklung fand. Aber in jenen frühen Tagen gab es nur wenige Forscher, und die „Malerische Reise“ war wahrscheinlich nur wenigen bekannt, sodass der Gedanke von der Bildsamkeit des Eises für mehr als ein halbes Jahrhundert geschlummert hat. Aber Bordier fand endlich einen Nachfolger in einem Manne von weit grösserm wissenschaftlichem Griff und besserer Einsicht, als er selbst besass. Dieser war Rendu, ein katholischer Priester und Domherr, als er schrieb, und später Bischof von Annecy. Im Jahre 1841 legte Rendu der königlichen Akademie der Wissenschaften von Savoyen seine „Theorie der Gletscher von Savoyen“ vor; ein Beitrag, der für immer denkwürdig bleiben wird in Bezug auf diesen Gegenstand. *

398. Rendu erfasste diesen Gedanken von der Knetbarkeit des Gletschereises mit grosser Kraft und Klarheit, und verfolgte ihn muthig in alle seine Folgen. Es ist nicht bekannt, ob er je das Werk von Bordier gesehen hat; wahrscheinlich nicht, denn er erwähnt es niemals. Lassen Sie mich Ihnen einige von Rendu's Ausdrücken anführen,

* Denkwürdigkeiten der Akademie, Bd. 10.

welche jedoch keinen vollkommenen Begriff von seiner Einsicht und seiner Schärfe des Gedankens geben: „Zwischen der Mer de Glace und einem Flusse herrscht eine so vollkommene Aehnlichkeit, dass es unmöglich ist, im Gletscher einen Umstand zu finden, welcher nicht auch im Flusse bestände. In Strömen von Wasser ist die Bewegung nicht gleichförmig, weder ihrer Breite nach, noch der Tiefe nach. Die Reibung des Bodens und der Seiten, verbunden mit dem Eingreifen örtlicher Hindernisse, machen die Bewegung verschieden, und nur gegen die Mitte der Oberfläche hin erlangen wir die volle Bewegung.“

399. Das liest sich wie eine Prophezeiung von dem, was seit der Zeit durch Messung festgestellt wurde. Bei Betrachtung des Gletschers des Mont Dolent, welcher in der Form einer Garbe ähnlich ist, weil er an den beiden Enden breit und in der Mitte eng ist, und indem er darüber nachdachte, dass der obere breite Theil eng geworden war und der enge mittlere Theil wiederum breit, bemerkte Rendu: „Es gibt eine grosse Menge Thatsachen, welche den Glauben aufzunöthigen scheinen, dass Gletschereis eine Art Dehnbarkeit besitzt, welche es in den Stand setzt, sich nach seiner Oertlichkeit zu formen, sich zu verdünnen, anzuschwellen und sich zusammenzuziehen, als wäre es ein weicher Teig.“

400. Um seine Schlüsse genau zu prüfen, verlangte Rendu eine sorgfältige Messung der Gletscher-

bewegung. Hätte er neben seinen übrigen Gaben auch die praktische Geschicklichkeit eines Markscheiders besessen, so würde er als der Fürst aller Gletscherkenner erscheinen. So aber musste er sich mit unvollkommenen Messungen begnügen. Auf einem seiner Ausflüge befragte er die Führer über die fortschreitende Lage eines grossen Felsens, welchen er auf dem Eise dicht neben dem Gletscherrande fand. Der Durchschnitt von fünf Jahren ergab eine Bewegung dieses Blocks von vierzig Fuss im Jahre.

401. Ein anderer Block, dessen Weiterbewegung er später genauer mass, ergab eine Geschwindigkeit von 400 Fuss im Jahre. Hören Sie seine Erklärung für diese Verschiedenheit: „Die ausserordentlich grosse Verschiedenheit zwischen diesen beiden Beobachtungen kommt daher, dass der eine Block nahe zur Mitte des Gletschers stand, welche sich sehr schnell bewegt, während der andere nahe am Rande stand, wo das Eis durch Reibung zurückgehalten wird.“ So klar und bestimmt waren Rendu's Ansichten von der plastischen Bewegung der Gletscher, dass ich nicht zweifle, dass er, wäre die Krümmungsfrage ihm aufgestossen, sicherlich die Windung des Punktes der schnellsten Bewegung von einer Seite der Gletscherachse zur andern im voraus ausgesprochen hätte. (§. 25.)

402. Es ist gut, dass Sie erfahren, dass wissenschaftliche Männer nicht immer übereinstimmen in ihrer Schätzung des vergleichswisen Werthes von

Thatsachen und Gedanken, und es ist besonders gut, dass Sie erfahren, dass Ihr gegenwärtiger Lehrer einen besondern Werth solchen Meinungen beilegt, welche aus tiefem und beharrlichem Nachdenken hervorragender Geister entspringen und nicht, wie so oft der Fall ist, ohne die Gewähr eines tiefen Denkens oder natürlicher Fähigkeit entstanden sind. Weil ich glaube, dass Rendu's Arbeiten diese Bedingung erfüllen, schreibe ich ihnen einen so hohen Werth zu. Aber wenn Sie älter und besser unterrichtet sein werden, mögen Sie anders darüber denken; und ich schreibe diese Worte, damit Sie nicht zu schnell meine Meinung über Rendu annehmen. Urtheilen Sie über mich, wenn Sie wollen, wenn Ihr Wissen gereift sein wird. Ich bin sicher, dass ich Ihre Entscheidung nicht zu fürchten brauche.

403. Aber so sehr ich auch den schnellen Gedanken schätze, und so durchdrungen ich davon bin, dass oft in ihm die Kraft des Genius überwiegend liegt, so würde es doch meiner Meinung nach ein Versehen der ernstesten Art sein und was, wenn es einrisse, den äussersten Verfall der Naturwissenschaften herbeiführte, wenn wir es versäumten, unsere Ideen zu prüfen und ihnen Wirklichkeit und Gestalt zu geben, wenn die Mittel, es zu thun, zur Hand sind. In der Wissenschaft sollte der Gedanke soviel wie möglich mit der Thatsache verbunden sein. Dies wurde von Rendu

versucht und sorgfältig ausgeführt von Agassiz und Forbes.

§. 60. Die Theorie von der Zähigkeit des Eises.

404. Hier kommen die Verdienste des ausgezeichneten zuletzt genannten Gletscherkenners deutlich zur Anschauung. Von der geschickten und ernstesten Befürwortung des Professor Forbes rührt die öffentliche Kenntniss dieser Lehre der Eisformfähigkeit fast ganz her. Er gab der Lehre eine deutlichere Form; er wandte zuerst den Ausdruck zähe für Gletschereis an und versuchte auf genauen Vermessungen eine „Theorie der Zähigkeit“ bei der Gletscherbewegung zu begründen.

405. Ich bin hier genöthigt, die Thatsachen nach ihrer historischen Reihenfolge anzuführen. Als Professor Forbes seine Untersuchungen begann, war er mit den Arbeiten von Rendu bekannt. In seinem frühesten Werke über die Alpen bezieht er sich auf jene Arbeiten in Ausdrücken schmeichelter Anerkennung. Aber obgleich es eine Thatsache ist, dass Rendu's Ideen ihn bestimmt haben, so wäre es doch zu viel gesagt, dass es dieser Eingebung für ihn bedurft hätte. Wäre Rendu ihm nicht vorangegangen, so würde er nichtsdestoweniger den Gedanken von der Zähigkeit gefasst haben, als er seine Messungen anstellte und seine Kenntniss anwandte, um sie zu vertheidigen. Sei dem wie ihm wolle, die Erscheinung des Professor

Forbes auf dem Unteraargletscher im Jahre 1841 und auf der Mer de Glace im Jahre 1842, und seine Arbeiten in jener Zeit und später, haben ihm einen Namen gemacht, der in der wissenschaftlichen Geschichte der Gletscher nicht vergessen werden wird.

406. Die von Professor Forbes befürwortete Theorie wurde von ihm selbst in folgenden Worten ausgedrückt: „Ein Gletscher ist eine unvollkommene Flüssigkeit oder ein zäher Körper, welcher in Abhänge von gewisser Neigung hinuntergedrängt wird durch den natürlichen Druck seiner Theile.“ Im Jahre 1773 schrieb Bordier Folgendes: „Da die Gletscher immerfort auf der Ebene vorrücken und niemals verschwinden, ist es unbedingt nöthig, dass neues Eis fortwährend an Stelle des geschmolzenen tritt: es muss daher von oben her vorwärts gedrängt werden. Man kann sich dann schwerlich weigern, die erstaunliche Thatsache anzunehmen, dass diese ungeheuere Ausdehnung von hartem und festem Eis sich als ein einziges Stück herniederbewegt.“ In dem schon angeführten Satz spricht er davon, dass das Eis wie eine Flüssigkeit von oben nach abwärts gepresst wird. Hierin bestehen, glaube ich, Bordier's Beiträge zu diesem Gegenstand. Die angeführten Stellen zeugen von seinem Scharfsinn in einer frühen Zeit; aber in Bezug auf Vollständigkeit können seine Ansichten nicht mit jenen von Rendu und Forbes verglichen werden.

407. Ich darf hier nicht unterlassen zu sagen,

dass, obgleich die Ansicht von der Zähigkeit nicht von Herrn Agassiz angenommen worden ist, seine Vermessungen und Karten der Vermessungen neuerdings als die klarsten und folgerechtesten Belege für eine Eigenschaft angeführt worden sind, welche in jedem Falle der Zähigkeit sehr ähnlich ist.

408. Aber weshalb zögert Herr Agassiz, wenn gleich im Besitz reichlicherer und eigenthümlicherer Beweise als diejenigen irgendeines andern Beobachters, die Meinung von der dem Eise beigelegten Zähigkeit anzunehmen? Zweifellos weil er glaubt, dass dieser Meinung von unserer alltäglichen Erfahrung über den Stoff widersprochen wird.

409. Nehmen Sie ein Stück Eis von 10 oder selbst 15 Kubikfuss Rauminhalt; sägen Sie es durch bis zu einer Tiefe von einem halben oder einem Zoll, und schlagen Sie eine spitze Pfrieme, die nicht dicker ist als eine sehr dünne Feile, in die Fuge, so wird die Masse von oben bis unten bersten und einen reinen Krystallbruch aufweisen. Wie ist diese Brüchigkeit mit der Ansicht von der Zähigkeit zu vereinigen?

410. Wir waren überdies auf dem Gletscher, und haben der Entstehung von Spalten mit beigewohnt. Wir haben sie als kleine, plötzlich entstandene Risse beginnen sehen; es gehörten Tage dazu, um sie einen einzigen Zoll breit zu öffnen. In vielen Gletschern kann man enge und tiefe Risse Hunderte von Ellen weit in das Eis verfolgen. Was beweist dieses? Besässe das Eis selbst nur ein klein wenig

jener Ausdehnungsfähigkeit, welche einer zähen Masse eigen ist, dann könnten solche Spalten nicht entstehen.

411. Dennoch ist es unzweifelhaft, dass sich der Gletscher wie ein zäher Körper fortbewegt. Die Mitte fließt schneller als die Seiten, die oberen Schichten schieben sich über die untern, und die Bewegung durch ein gekrümmtes Thal stimmt mit der Flüssigkeitsbewegung überein. Herr Mathews, Herr Froude und vor allen Herr Bianconi haben überdies neuerdings Versuche an Eis angestellt, welche schlagend die Biegsamkeit der Masse beweisen. Diese Versuche verdienen und werden ohne Zweifel volle Aufmerksamkeit in einer zukünftigen Zeit finden.

§. 61. Wiedergefrierungstheorie.

412. Ich will mit Ihnen jetzt von einem Versuch sprechen, der in den letzten Jahren gemacht worden ist, um die Brüchigkeit des Eises mit seiner Bewegungsfähigkeit in den Gletschern in Uebereinstimmung zu bringen. Er ist auf die von Herrn Faraday im Jahre 1850 gemachte Beobachtung gegründet, dass, wenn zwei aufthauende Stücke Eis aneinandergelegt werden, sie an der Stelle der Berührung zusammenfrieren.

413. Diese Thatsache mag Sie nicht überraschen; doch überraschte sie Herrn Faraday und andere,

und Männer von grosser wissenschaftlicher Bedeutung haben in der Erklärung dieser Thatsache nicht übereingestimmt. Die Schwierigkeit liegt darin, zu erklären, wo und wie in dem schon thauenden Eise die erforderliche Kälte zu finden ist, um das Häutchen Wasser zwischen den beiden sich berührenden Oberflächen gefrieren zu machen.

414. Das Wort Wiedergefrierung (Regelation) wurde von Dr. Hooker vorgeschlagen, um das Zusammenfrieren zweier aufthauender Stücke Eis, das von Faraday beobachtet worden war, auszudrücken; und der Aufsatz, in welchem der Ausdruck zuerst angewandt wurde, ist von Herrn Huxly und Herrn Tyndall in den „Philosophical Transactions“ vom Jahre 1857 veröffentlicht worden.

415. Die Thatsache der Wiedergefrierung und ihre Anwendung, abgesehen von der Ursache der Wiedergefrierung, kann auf folgende Art erläutert werden: Sägen Sie zwei Scheiben von einem Blocke Eis ab und bringen Sie deren flache Oberflächen in Berührung miteinander, so werden sie sogleich aneinanderfrieren. Zwei Platten Eis, die, aufeinandergelegt und mit Flanell umwickelt, über Nacht sich selbst überlassen bleiben, sind zuweilen am andern Morgen so fest aneinandergefroren, dass sie eher an jedem andern Orte auseinanderbrechen würden als an ihrer Vereinigungsfläche. Wenn Sie in eins der tropfenden Eisgewölbe in der Schweiz eintreten, brauchen Sie nur einen Augenblick lang ein Stückchen Eis an das Dach

des Gewölbes zu drücken, um es da gefrieren und am Dache festhaften zu lassen.

416. Legen Sie eine Anzahl Eisstücke in eine Schale mit Wasser und lassen Sie dieselben einander berühren, so frieren sie zusammen, wo sie sich berühren. Sie können aus solchen Stücken eine Kette bilden, und dann können Sie, indem Sie das eine Ende der Kette anfassen, die ganze Reihe nachziehen. In den arktischen Meeren werden zuweilen auf diese Art Ketten von Eisbergen gebildet.

417. Ueberlegen Sie, was aus diesen Beobachtungen folgt. Schnee besteht aus kleinen Theilchen Eis. Wenn wir nun durch Druck die im thauenden Schnee eingeschlossene Luft auspressen und die kleinen Eiskörnchen in nahe Berührung miteinander bringen, so ist zu erwarten, dass sie zusammenfrieren; und wenn die Auspressung der Luft vollständig ist, so steht zu erwarten, dass der gepresste Schnee das Aussehen von festem Eis annimmt.

418. Wir gelangen zu diesem Schluss durch Nachdenken; lassen Sie ihn uns jetzt mittels eines Versuchs beweisen, indem wir eine passende hydraulische Presse und eine Form, um den Schnee zu halten, dazu anwenden. In genauer Uebereinstimmung mit unserer Erwartung verwandeln wir durch Druck den Schnee in Eis.*

* Einen ähnlichen Versuch stellten die Herren Schlagintweit an, noch ehe die Entdeckung gemacht war, die zu seiner Erklärung dient; so blieb ihr Versuch vorerst unerklärt.

419. Bringen Sie eine feste Masse Eis in eine dazu geeignete Form, und drücken Sie es zusammen. Es wird in Stücke brechen: pressen Sie die Stücke fest zusammen, so werden sie sich vermittle Wiedergefrierung wieder vereinigen und ein festes Stück Eis, in der Form vollkommen verschieden vom ersten, wird aus der Presse hervorgehen. Um diese Wirkung hervorzubringen, muss das Eis in einem thauenden Zustande sein. Wenn seine Temperatur sehr tief unter dem Schmelzpunkt ist, so wird es durch den Druck zermalmt, aber nicht zu einer durchsichtigen Masse von anderer Form, sondern in weisses Pulver verwandelt.

420. Mit Hülfe geeigneter Formen können Sie auf diese Art die Gestalt des Eises nach jeder Richtung hin verändern; sie können Kugeln, Tassen, Ringe und gedrehte Seile aus der Substanz formen; die Veränderung der Formen wird in diesen Fällen durch gewaltsamen Bruch und Wiedergefrierung hervorgebracht.

421. Bei vorsichtig angewandtem Druck kann gewaltsamer Bruch vermieden und das Eis gezwungen werden, langsam seine Form zu ändern, als wenn es ein plastischer Körper wäre.

422. Unser erster Versuch nun erläutert das Festwerden des Schnees aus den höhern Alpenregionen. Die tiefern Schichten der Schneefelder (névés) haben die Last aller obern zu tragen, und werden dadurch in mehr oder minder festes Eis verwandelt. Und unser letzter Versuch zeigt die

Veränderungen der Form, welche auf dem Gletscher beobachtet worden sind, wo, durch die langsame und beständige Ausübung von Druck, sich das Eis allmählich in das Thal hineingeformt hat, welches es ausfüllt.

423. In den Gletschern gibt es jedoch auch grossartige Beispiele für den gewaltsamen Bruch und Wiedergefrierung. Die Oeffnung und Wiederschliessung der Spalten ist ein Beispiel dafür. Der Gletscher wird an den Eisfällen zerbrochen und an ihrem Fusse wieder zusammengeschweisst. Wenn zwei Zweiggletscher sich aneinanderlegen, so ist die Wiedergefrierung so fest, dass sie sogleich anfangen, als einziger Strom in dem Stammgletscher weiter zu fliessen. Die Mittelmoräne liefert keinen Beweis durch Langsamkeit ihrer Bewegung, dass sie von dem trägen Eise der Seiten des Zweiggletschers her stammt.

424. Die Hauptsache der Wiedergefrierungstheorie ist die, dass das Eis der Gletscher seine Form ändert und seinen ununterbrochenen Zusammenhang bewahrt unter Druck, der seine Theilchen zusammenhält. Aber wenn es Spannung unterworfen wird, bricht es eher, als dass es sich dehnt, und zeigt sich nicht länger als zäher Körper.

§. 62. Ursache der Wiedergefrierung.

425. Hier wurde die Thatsache der Wiedergefrierung angewandt, um die Formfähigkeit des

Gletschereises zu erläutern; aber es ist kein Versuch gemacht worden, um die Ursache der Wiedergefrierung selbst anzugeben. Das sind zwei ganz verschiedene Fragen. Aber eine kurze Zeit wird nicht verloren sein, wenn wir die Ursache der Wiedergefrierung etwas näher betrachten. Sie mögen etwas erstaunt darüber sein, dass grosse Männer ihre Aufmerksamkeit einem so kleinen Punkte widmen, aber wir dürfen nicht vergessen, dass in der Natur nichts klein ist. Gesetze und Principien interessiren den wissenschaftlichen Forscher am meisten, und diese können ebenso wol durch kleine wie durch grosse Dinge bewiesen werden.

426. Die Frage der Wiedergefrierung steht in unmittelbarer Verbindung mit jener von der „latenten Wärme“, von der schon die Rede war (383), welche wir aber noch einer nähern Untersuchung unterwerfen müssen. Um Eis zu schmelzen, ist, wie schon ausgesprochen wurde, ein grosser Betrag Wärme nöthig, und in dem Falle der Gletscher wird diese Wärme von der Sonne geliefert. Weder das so geschmolzene Eis, noch das Wasser, das aus dem Schmelzen hervorgeht, kann unter 0° fallen. Der Gefrierpunkt des Wassers und der Schmelzpunkt des Eises berühren sich bei dieser Temperatur. Ein Haar breit niedriger gefriert Wasser; ein Haar breit höher schmilzt Eis.

427. Aber wenn das Eis ohne diese Mitwirkung der Sonnenwärme geschmolzen werden könnte, dann würde eine niedrigere Temperatur als diejenige von

gewöhnlichem geschmolzenen Eis dadurch entstehen. Wenn Schnee und Salz oder gestossenes Eis und Salz untereinander gemischt werden, so macht das Salz das Eis schmelzen, und auf diese Weise wird eine Kälte von 20 oder 30 Grad unter dem Gefrierpunkt hervorgebracht. Hier verbraucht in der That das Eis seine eigene Wärme bei dem Vorgange des Schmelzens. Eine solche Mischung von Eis und Salz wird eine „Kältemischung“ genannt.

428. Und wenn durch irgend andere Mittel Eis bei einer Temperatur von 0 Grad ohne Wärmezufuhr von aussen geschmolzen werden könnte, dann würde das daraus gewonnene Wasser kälter sein als das Eis. Nun hat Professor James Thomson bewiesen, dass Eis durch blossen Druck geschmolzen werden kann, und sein Bruder Sir William Thomson hat gezeigt, dass Wasser unter Druck einer niedrigeren Temperatur bedarf, um zu gefrieren, als wenn der Druck nicht ausgeübt wird. Professor Mousson hat später grosse Eismassen mittels einer hydraulischen Presse zum Schmelzen gebracht; und Professor Helmholtz hat durch einen schönen Versuch bewiesen, dass Wasser in einem Gefäss, aus welchem die Luft entfernt worden ist und welches daher vom Druck der Atmosphäre befreit ist, gefriert und Eiskrystalle bildet, wenn es mit schmelzendem Eis umgeben wird. Alle diese Thatsachen werden in der kurzen Behauptung zu-

sammengefasst, dass der Gefrierpunkt des Wassers durch Druck erniedrigt wird.*

429. Zu unserer eigenen Belehrung können wir das Schmelzen des Eises durch Druck auf folgende Weise hervorbringen: Sie erinnern sich der schönen Blumen, welche entstehen, wenn man einen Sonnenstrahl durch See-Eis fallen lässt (§. 11), und Sie haben nicht vergessen, dass sich die Blumen immer parallel mit der Oberfläche des Gefrierens bilden. Lassen Sie uns ein Prisma oder eine kleine Säule aus Eis schneiden, sodass seine Gefrierflächen im rechten Winkel die Seitenflächen der Säule schneiden; wir setzen das Prisma zwischen zwei Stückchen Holz und lassen vorsichtig den Druck einer kleinen hydraulischen Presse darauf einwirken.

430. Man kann vermittels eines concaven Spiegels ein helles Licht auf das Eis fallen lassen und es durch eine Vergrößerungslinse betrachten. Sie sehen schon die Folge. Dunkle Flächen bilden sich im Innern des Eises, welche sich allmählich ausdehnen, wenn der Druck langsam vermehrt wird. Hier und da bemerken Sie etwas Aehnliches wie Krystallisation; farnähnliche Figuren laufen mit bedeutender Schnelligkeit durch das Eis, und wenn Sie genau auf ihre Spitzen und Ränder achten, so finden Sie dieselben in sichtbarer Bewegung. Diese dunkeln Flächen sind Hohlräume des Schmelzens, und die Bewegung, welche Sie sehen, rührt von

* Professor James Thomson und Professor Clausius haben dies unabhängig voneinander fast gleichzeitig bewiesen.

dem Eis her, das unter dem Druck in Wasser zerfällt. Dieses Wasser ist kälter als das Eis war, ehe der Druck ausgeübt wurde, und wenn der Druck entfernt wird, so wird nicht nur das Schmelzen aufhören, sondern das Wasser gefriert wieder. Die durch Schmelzen vermittels Drucks erzeugte Kälte genügt, um es wieder zu gefrieren, wenn der Druck entfernt ist.

431. Wenn wir, statt den Druck auf Oberflächen von bedeutendem Umfang zu verbreiten, denselben auf eine kleine Fläche zusammendrängen, so wird das Schmelzen natürlich schneller vor sich gehen; das hat kürzlich Herr Bottomley in einem besonders schönen und interessanten Versuch gezeigt. Eine Eisstange von 10 Zoll Länge, 4 Zoll Dicke und 3 Zoll Breite wird mit ihren beiden Enden auf Holzblöcke aufgelegt und ein Kupferdraht von ein Zwanzigstel oder selbst ein Zehntel Zoll Dicke um die Mitte des Eises geschlungen. Die beiden Enden des Drahtes werden miteinander verbunden und ein Gewicht von 12 oder 14 Pfund daran gehängt, der ganze Druck des Gewichts ist zusammengedrängt auf dem Theil des Eises, welches den Draht trägt. Was ist die Folge davon? Das Eis unterhalb des Drahtes schmilzt; das geschmolzene Wasser entweicht um den Draht herum, aber in dem Augenblick, wo es vom Druck befreit ist, gefriert es, und es bildet sich um den Draht herum, noch ehe er in das Eis eingedrungen ist, eine gefrorene Hülse. Der Draht fährt fort, in das Eis

einzudringen, das Wasser entweicht unaufhörlich und gefriert wieder hinter dem Draht. Nach einer halben Stunde fällt das Gewicht; der Draht ist rein durch das Eis gegangen. Sie können deutlich sehen, wo er durchgegangen ist, aber die beiden getrennten Stücke Eis sind so fest zusammengefroren, dass sie ebenso gut an einer andern Stelle auseinanderbrechen würden als an der Fläche ihrer Wiedergefrierung.

432. Ein anderer schöner Versuch, der auf dasselbe hinausläuft, wurde kürzlich von Herrn Bousingault gemacht. Er füllte einen hohlen Stahlcylinder mit Wasser und setzte es der Kälte aus. Sie wissen, dass Wasser bei der Umwandlung in Eis sich ausdehnt (§. 45); in der That ist genügender Raum zur Ausdehnung eine nothwendige Bedingung für das Festwerden. Aber in dem gegenwärtigen Fall widerstand der starke Stahl der Ausdehnung, das Wasser blieb infolge dessen flüssig bei einer Temperatur von mehr als 15 Grad unter dem gewöhnlichen Gefrierpunkt. Eine Flintenkugel innerhalb des Cylinders bewegte sich rasselnd zum Zeichen, dass das Wasser noch flüssig war. Beim Oeffnen des Zapfens wurde die Flüssigkeit, vom Druck befreit, augenblicklich in Eis verwandelt.

433. Nur Stoffe, welche beim Festwerden sich ausdehnen, verhalten sich auf diese Weise. Das Metall Wismuth verhält sich, wie wir wissen, ähnlich wie das Wasser; während Zink, Wachs, Schwefel, welche sich alle beim Festwerden zu-

sammenziehen, ihren Schmelzpunkt durch Druck erhöhen.

434. Und nun sind Sie vorbereitet, um Professor James Thomson's Theorie von der Wiedergefrierung zu verstehen. Wenn zwei Stücke Eis aneinandergedrückt werden, so entsteht, behauptet er, Schmelzen. Das Wasser fließt um die gedrückten Stellen herum aus, und wenn es vom Druck befreit ist, gefriert es wieder und bildet so eine Art Kitt zwischen den Stücken Eis.

§. 63. Faraday's Ansicht von der Wiedergefrierung.

435. Faraday's Ansicht von der Wiedergefrierung ist nicht so leicht ausgedrückt; dennoch will ich versuchen, Ihnen eine Vorstellung davon zu geben, indem ich zuerst von anerkannten Thatsachen handle. Wasser kann selbst in offenen Gefäßen viele Grade unter seinen Gefrierpunkt gebracht werden, und bleibt dennoch flüssig; gleichfalls kann es auf eine Temperatur gebracht werden, die weit höher ist als sein Siedepunkt, und dennoch widersteht es dem Kochen. Dies kommt von der gegenseitigen Anziehung der Wassertheilchen, welche sich dem Wechsel der Flüssigkeit in den festen sowol wie in den gasförmigen Zustand widersetzt.

436. Aber wenn Sie in das überkältete Wasser ein kleines Stückchen Eis werfen, so wird die Anziehung unterbrochen und das Gefrieren tritt unmittelbar ein. Und wenn Sie in das überhitzte

Wasser eine Blase Luft oder Dampf einführen, so wird ebenfalls die Anziehung unterbrochen, und das Kochen beginnt unmittelbar.

437. Faraday schloss daraus, dass in dem Innern jedes Körpers, ob fest oder flüssig, wo jedes Theilchen sozusagen von den umgebenden Theilchen gepackt wird und diese wiederum packt, das Band der Anziehung so fest ist, dass es eine höhere Temperatur erfordert, um den Aggregatzustand zu verändern, als auf der Oberfläche nöthig ist. Auf der Oberfläche eines Stückes Eis z. B. sind die Moleculen an einer Seite von dem Widerstand anderer Moleculen befreit; und daher geben sie der Wärme leichter nach als im Innern. Die Luft oder Dampfblase in überhitztem Wasser befreit die Moleculen ebenfalls von einer Seite; daher die sofort erfolgende Dampfbildung nach ihrem Eintritt. Kurz ausgedrückt also, der Schmelzpunkt des innern Eises ist höher als derjenige des oberflächlichen Eises. Faraday verweist auch auf das besondere Vermögen, welches Körper besitzen, ihre eigenen Moleculen zur Erstarrung zu bringen. Kampher in einer Glasflasche erfüllt die Flasche mit einer Kampheratmosphäre. In einer solchen Atmosphäre können sich grosse Krystalle der Substanz durch fortwährende Ablagerung von Kampher-moleculen auf Kampher bilden bei einer Temperatur, die zu hoch ist, um den geringsten Niederschlag auf das angrenzende Glas zu gestatten. Eine ähnliche Bemerkung passt auf Schwefel, Phosphor und die

Metalle im Schmelzzustand. Sie werden auf feste Theile ihrer eigenen Substanz bei einer Temperatur abgelagert, die nicht niedrig genug ist, um sie an andern Substanzen fest werden zu lassen.

438. Wasser liefert ein ausserordentliches Beispiel für dieses besondere Vermögen, die Erstarrung zu befördern. Es kann 10 Grad und mehr unter seinen Gefrierpunkt abgekühlt werden, ohne zu gefrieren. Aber das ist nicht möglich, wenn das kleinste Theilchen Eis im Wasser schwimmt. Es gefriert dann genau bei 0° C., setzt sich jedoch nicht an die Wände des umgebenden Gefäßes, sondern auf das Eis. Faraday beobachtete in einem Gefrierapparat dünne Eiskrystalle von 6, 8 und 10 Zoll Länge bei einer Temperatur, die unzureichend war, um ihren Niederschlag auf die Wände des umgebenden Gefäßes zu bewirken.

439. Und nun sind wir für Faraday's Ansicht von der Wiedergefrierung vorbereitet. Wenn die Oberflächen zweier Stücke Eis, welche mit einer dünnen Schicht des geschmolzenen Wassers bedeckt sind, aneinandergebracht werden, so wird dadurch die bedeckende Schicht von der Oberfläche in den Mittelpunkt des Eises verlegt, wo der Schmelzpunkt, wie vorhin gezeigt wurde, höher ist als auf der Oberfläche. Dieses eigenthümliche Erstarrungsvermögen des Eises auf Wasser kommt nun auf beiden Seiten der Schicht ins Spiel. Unter diesen Umständen, nahm Faraday an, müsse die Schicht

gefrieren und die beiden Oberflächen zusammenschweissen.

440. Die Erniedrigung des Gefrierpunktes durch Druck beträgt nicht mehr als ein Zwölftel Grad Celsius für eine ganze Atmosphäre. Indem Faraday den ungemein kleinen Bruchtheil Druck, welcher bei manchen Fällen der Wiedergefrierung ins Spiel kommt, erwog, hielt er seine Wirkung für un wahrnehmbar. Er hing Stücke Eis auf und brachte sie in Berührung miteinander ohne merkbaren Druck, dennoch froren sie zusammen. Professor James Thomson nahm jedoch an, dass selbst die Flächenanziehung, die zwischen zwei solchen Massen ausgeübt wird, genügen würde, um Wiedergefrierung zu erzeugen. Sie können die folgenden Versuche zur weitem Erläuterung dieses Gegenstandes machen:

441. Legen Sie ein kleines Stück Eis auf Wasser und drücken Sie es mit einem zweiten Stück unter die Oberfläche. Das untergetauchte Stück mag so klein sein, dass der Druck unendlich gering wird; dennoch wird es an die untere Fläche des obern Stücks anfrieren.

442. Legen Sie zwei Stücke Eis in eine Schüssel mit warmem Wasser und lassen Sie dieselben zusammenkommen; sie frieren zusammen, wenn sie sich berühren. Die Theile um den Platz der Berührung schmelzen ab, aber die Stücke bleiben eine Zeit lang durch eine schmale Eisbrücke verbunden. Die Brücke schmilzt endlich, und die Stücke wer-

den für einen Augenblick getrennt. Aber die Flächenanziehung zieht sie sogleich aneinander, und die Wiedergefrierung beginnt von neuem. Eine neue Brücke wird gebildet, welche wiederum aufgelöst wird, und die getrennten Stücke schliessen sich wieder zusammen. Eine Art von Pulsbewegung wird auf diese Weise zwischen den beiden Eisstücken hergestellt. Sie berühren sich, frieren zusammen, eine Brücke wird gebildet und schmilzt, und auf diese Art setzt sich die rhythmische Thätigkeit fort, bis das Eis verschwunden ist.

443. Nach Professor James Thomson's Theorie ist Druck nöthig, um Eis zu schmelzen. Die zum Schmelzen erforderliche Wärme muss aus dem Eise selbst gezogen werden, und das kalte Wasser muss aus dem Druck hervorgehen, um wieder gefroren zu werden. Nun ist in dem vorhergehenden Versuch das kalte Wasser, statt dass man es gefrieren liess, in warmes Wasser entwichen, und dennoch sind die schwimmenden Stücke in einem Augenblick zusammengefroren. Die sich berührenden Oberflächen können überdies convex sein; sie können sogar bis auf Punkte beschränkt werden, welche ringsum von warmem Wasser bespült werden, welches sie in der That sehr schnell schmilzt, wenn sie sich einander nähern; dennoch frieren sie bei der Berührung unmittelbar zusammen.

444. Sie können aus dieser Erörterung lernen, dass in wissenschaftlichen Dingen wie in allen andern Raum für Meinungsverschiedenheiten ist.

In solchen Fällen ist es gerathen, das Urtheil auszusetzen, solange Zweifel obwalten. Es ist möglich, dass Faraday's und Thomson's Vorgang beide ins Spiel kommen. Ich kann nicht besser diese Bemerkungen schliessen, als indem ich Faraday's eigene Schlussworte anführe, aus welchen hervorgeht, wie bei ihm wissenschaftliche Ueberzeugung von Dogmatismus getrennt ist: — „Ohne Zweifel“, sagt er, „werden uns genaue Versuche künftig in den Stand setzen, Ergebnisse wie diese zu beurtheilen, und die Ausscheidung des Wahren vom Unwahren wird die richtige Theorie von der Wiedergefrierung feststellen.“

§. 64. Die blauen Adern der Gletscher.

445. Wir nähern uns jetzt dem Ende; nur noch eine wichtige Frage bleibt zu erörtern. Bisher hielten wir sie zurück, denn es gehört eine ausgedehnte Kenntniss der Gletscher dazu, um sie zu lösen. Wir mussten uns auch durch thatsächliche Versuche mit der Eigenschaft des Eises bekannt machen, dass es beim Thauen erweicht wird, dem Druck nachgibt und unter solchem Druck flüssig wird.

446. Schnee ist weiss. Aber wenn sie seine kleinsten Theilchen untersuchten, würden sie dieselben durchsichtig und nicht weiss nennen. Die weisse Farbe rührt von der Mischung der Eistheilchen mit kleinen Lufträumen her. Bei allen

durchsichtigen Körpern entsteht die weisse Farbe durch eine solche Mischung. Das klarste Glas oder Krystall ergibt nach dem Stossen ein weisses Pulver. Der Champagnerschaum ist weiss durch die innige Mischung einer durchsichtigen Flüssigkeit mit durchsichtigem Kohlensäuregas. Das weisseste Papier endlich besteht aus Fasern, von welchen jede einzeln durchsichtig ist.

447. Jedoch nicht die Luft oder das Gas erzeugt die weisse Farbe, sondern die optische Verschiedenheit ihrer Theilchen erzeugt eine grosse Zahl von Zurückwerfungen des weissen Sonnenlichtes, und daher entsteht die weisse Farbe.

448. Die weisse Farbe der Oberfläche eines reinen Gletschers (112) und der Eisberge am Märgelensee (357) ist schon einer ähnlichen Ursache zugeschrieben worden. Die Oberfläche wird durch die Sonnenwärme in unzählige Risschen geborsten, und die Widerspiegelung des Sonnenlichtes von den Seiten der kleinen Risse bringt die beobachtete Erscheinung hervor.

449. In ähnlicher Weise wird weisses Eis hergestellt, wenn man Wasser in einem Probirröhrchen gefrieren lässt, indem man es in eine Kältemischung taucht. Auch der grösste Theil des in Eismaschinen erzeugten Eises ist weiss. Wenn Sie solches Eis untersuchen, werden Sie es mit kleinen Luftblasen angefüllt finden. Wenn das Gefrieren sehr langsam vor sich geht, dann treibt die krystallisirende Kraft die Luft kräftig aus, und das erzielte Eis ist

durchsichtig; erfolgt das Gefrieren schnell, so wird die Luft eingeschlossen, ehe sie entweichen kann, und das Eis wird durchscheinend oder milchig. Aber selbst bei schnellem Gefrieren erlangte Herr Faraday durchsichtiges Eis, indem er geschickt die Luftblasen mit einer Feder entfernte, sowie sie erschienen.

450. Bei dem Eis der Landseen geht das Gefrieren nicht gleichförmig vor sich, sondern unterbrochen. Zuweilen geschieht es langsam, zuweilen schnell. Beim langsamen Gefrieren wird die im Wasser aufgelöste Luft kräftig ausgetrieben und bildet eine Schicht Blasen an der untern Fläche des Eises. Ein plötzliches Gefrieren schliesst diese Luft ein, und daher finden wir gewöhnlich das See-Eis aus Schichten zusammengesetzt, die abwechselnd klar und mit Blasen gefüllt sind. Durch solche Schichten wird es leicht, die Ebenen des Gefrierens im See-Eis zu entdecken.

451. Und nun kommen wir zur Anwendung dieser Thatsachen. Unterhalb des Eisfalles des Géant, am Fusse des Talèfre-Falls und weiter unten auf der Mer de Glace; in den höhern Abtheilungen des Grindelwald-, des Aar-, des Aletsch- und des Görnergletschers besitzt das Eis nicht die Durchsichtigkeit, welche es an den Enden der Gletscher zeigt. Es ist weiss oder weisslich. Woher? Die Untersuchung ergibt, dass es mit kleinen Luftblasen angefüllt ist; und diese sind, wie wir jetzt erkennen, die Ursache der weissen Farbe.

452. Sie sind der Ueberrest der ursprünglich im Schnee eingeschlossenen Luft, von welcher, wie vorhin gesagt wurde, die weisse Farbe des Schnees abhängt. Während des Niedersteigens des Gletschers werden die Blasen allmählich ausgetrieben durch den ungeheuern Druck, der auf das Eis zu lasten kommt. Die Austreibung wird nicht allein durch das mechanische Nachgeben des weichen, thauenden Eises erzeugt, sondern das Flüssigwerden der Substanz an Oertern unter heftigem Druck eröffnet Spalten zum Entweichen der Luft und spielt dadurch eine wichtige Rolle bei dem allmählichen Festerwerden des Gletschers.

453. Die Austreibung der Blasen ist jedoch nicht gleichförmig; denn weder Eis noch irgendeine andere Substanz stellt dem Druck einen vollkommen gleichförmigen Widerstand entgegen. Am Fusse eines jeden Falles, den wir besucht haben, und an den Wänden der dort gebildeten Spalten, haben wir unzählige blaue Streifen bemerkt, welche durch das weisse durchscheinende Eis gezogen waren und welche der ganzen Masse ein blätteriges Aussehen gaben. Diese blauen Adern erwiesen sich bei der Untersuchung als Räume, aus welchen die Luftblasen fast ganz ausgetrieben waren und welche dadurch aus dem durchscheinenden Zustand in den der Durchsichtigkeit verwandelt waren.

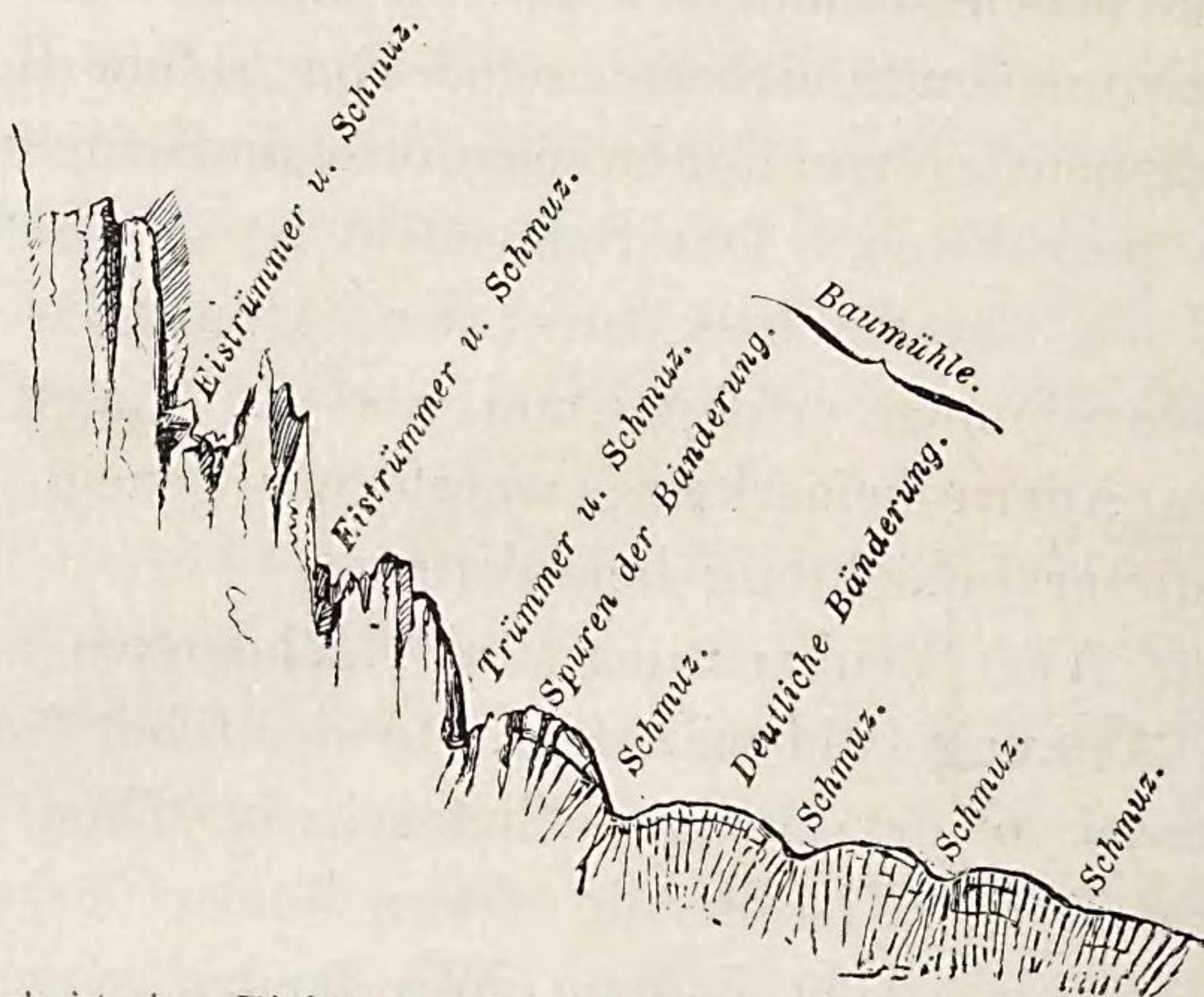
454. Dieses ist der geäderte oder bandartige Bau der Gletscher, in Bezug auf dessen Ursprung verschiedene Meinungen bestehen.

455. Es ist jetzt unsere Pflicht, diese Frage aufzunehmen und sie, wenn wir können, zu lösen. Auf den Schneefeldern des Col du Géant und anderer Gletscher haben wir grosse Risse, fehlerhafte Stellen und Bergschrunde gefunden, welche tiefe Einschnitte in das Schneefeld blosslegten; und an diesen Einschnitten haben wir die Ränder von halb festgewordenen Schichten angedeutet gefunden, die augenscheinlich von hintereinanderfolgenden Schneefällen herrührten. Das Schneefeld ist geschichtet, weil sein Stoffzufluss aus der Atmosphäre in Zwischenräumen erfolgt, und als wir zuerst die blauen Adern bemerkten, waren wir geneigt, sie von dieser Schichtung herzuleiten.

456. Aber Beobachtung und Nachdenken haben diese Meinung bald widerlegt. In der That konnte sie kaum vor der einzigen Thatsache bestehen, dass am Fusse der Eisfälle die Adern immer lothrecht oder fast lothrecht laufen. Wir fanden keine Erklärung dafür, wie die wagerechten Schichten des Schneefeldes am Fusse des Falles so umgestülpt werden sollten, dass sie auf die hohe Kante zu liegen kämen. Auch ist das Aussehen der Adern nicht das einer Schichtung.

457. An den mittlern Theilen der Eisfälle befinden sich überdies keine Zeichen von Adern. Am Fusse derselben erscheinen sie zuerst und erlangen ihre grösste Entwicklung ein wenig weiter unten. Als wir auf der Höhe oberhalb des Zäsenbergs standen und den Eisfall des Strahleckarmes vom

Grindelwaldgletscher erforschten, konnten wir nicht daran zweifeln, dass die Grundfläche des Falles die Ursprungsstätte der Adern war. Hier und nicht auf dem Schneefeld bildet sich der geäderte Bau, weshalb wir auch jener Stelle den Namen „Baumühle“ beilegten.

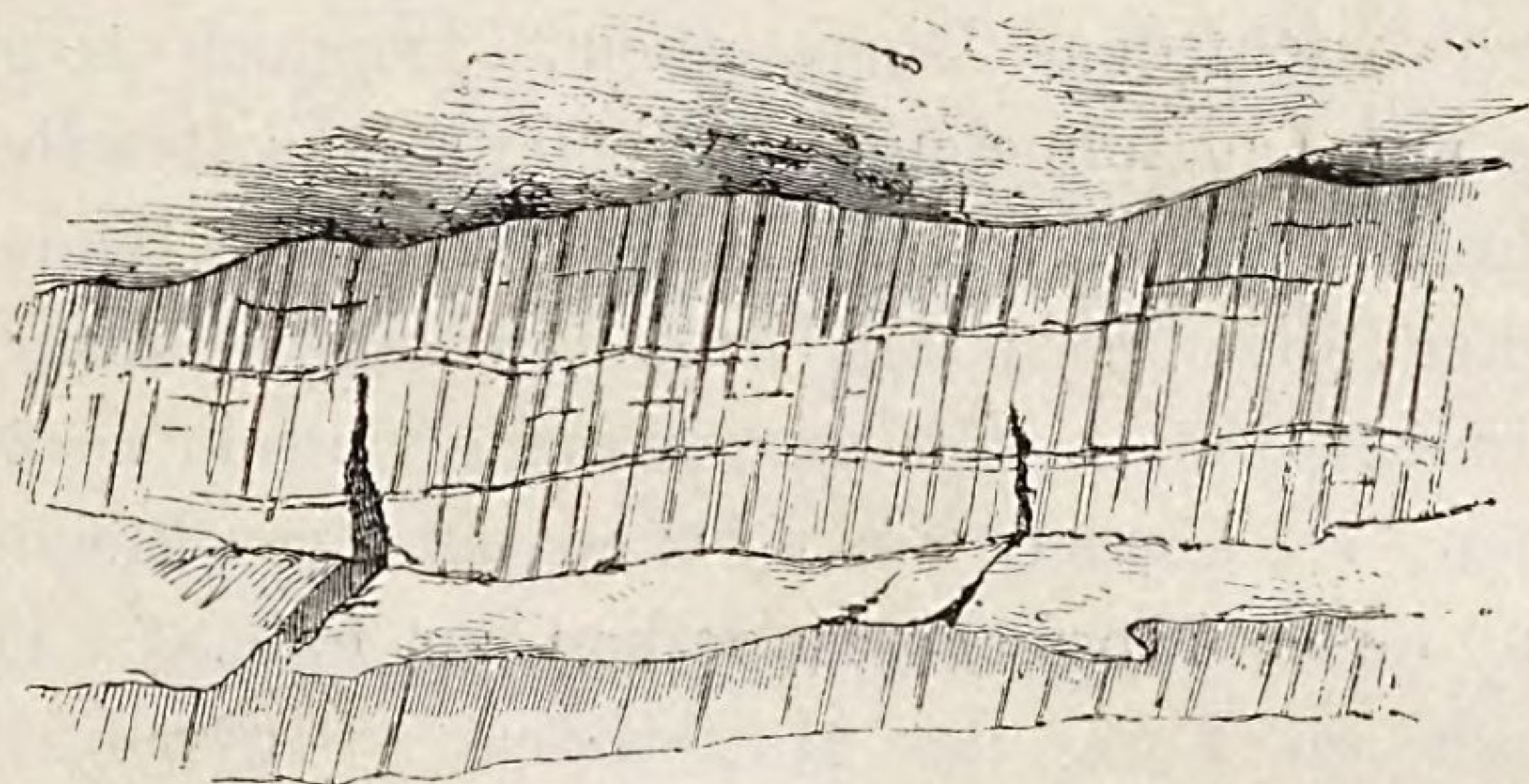


Durchschnitt eines Eisfalls und des Gletschers unter ihm, den Ursprung des geäderten Baues aufweisend.

458. Das ist jedoch im Grunde nur die Sprache einer lebhaften Meinung, aber nicht die des Beweises; und in der Wissenschaft sollte eine Meinung uns nur so lange befriedigen, als ein bestimmter Beweis unerreichbar ist. Die Liebe zur Ruhe darf uns nicht verhindern, diesen Beweis zu suchen. Es gibt kein strengeres Gewissen als das wissenschaftliche, und dieses verlangt, dass in jedem möglichen Fall unsere persönliche Ueber-

zeugung ersetzt werde durch eine Beweisführung, die für alle bindend ist.

459. Lassen Sie uns zum Beispiel einen Fall sehen, in welchem die Schichtung des Schneefeldes in den Gletscher hinein fortgesetzt ist. Lassen Sie uns die geschichteten Flächen und die blätterigen Flächen nebeneinander sehen und dennoch unzweifelhaft deutlich unterschieden sein. Eine solche Beobachtung würde offenbar beweisen, dass die Schichtung



Bänderung und Schichtung auf dem Aletschgletscher.

nichts bei der Frage des geäderten Baues zu thun hat, und durch die Entfernung dieser Quelle des Irrthums werden wir die Wahrheit ungehinderter verfolgen können.

460. Wir suchten nach dieser Schlussprobe auf der Mer de Glace, konnten sie aber nicht finden. Wir suchten sie auf den Grindelwald- und Aargletschern*, ebenfalls ohne Erfolg. Auf dem Aletsch-

* Herr Agassiz bringt jedoch einen Fall dieser Art auf dem Aargletscher zur Kenntniss.

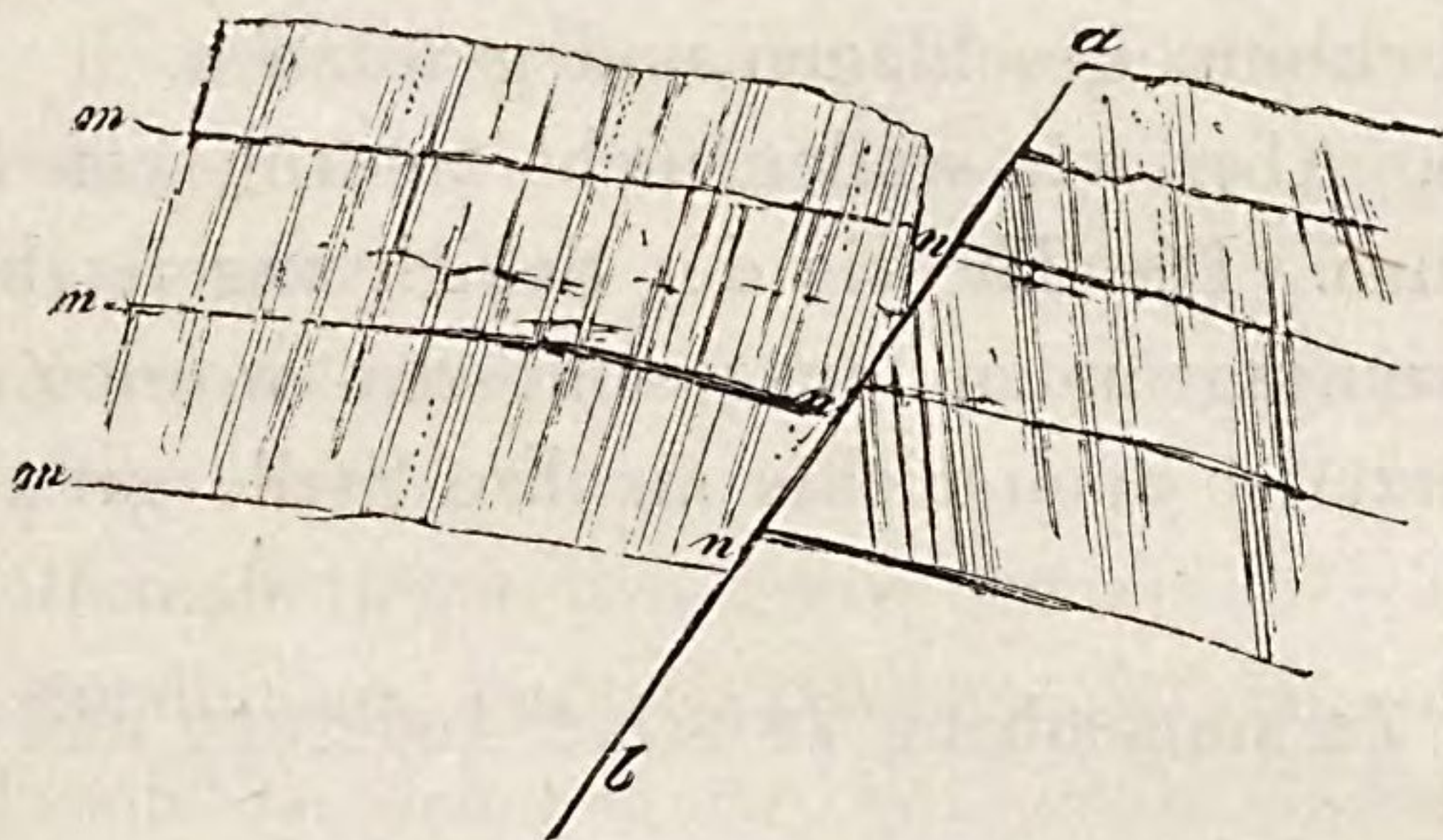
gletscher zuerst beobachteten wir die anscheinend gleichzeitige Anwesenheit von Schichtung und Bänderung; sie durchschnitten sich auf den Wänden derselben Spalte. Dennoch war der Fall noch nicht ausgesprochen genug, um vollkommene Ueberzeugung hervorzurufen, und wir besuchten den Görnergletscher mit der Absicht, unsere Untersuchung fortzusetzen.

461. Hier nahm die Ueberzeugung von Tag zu Tag zu, dass die Schichtung und die Bänderung zwei verschiedene Dinge seien. Dennoch verging Tag auf Tag, ohne uns den endgültigen Beweis zu enthüllen. Es war sicherlich nicht unsere Bequemlichkeit, die uns an der Erreichung unsers Zweckes verhindert hat, und wenn wir uns getäuscht zurückziehen, so können wir es thun mit dem Bewusstsein, unser Möglichstes gethan zu haben. Dort jedoch am Fusse des Matterhorn ist der Furkagletscher, den wir noch nicht untersucht haben. Auf ihm soll unser letzter Versuch gemacht werden.

462. Wir gelangen auf den Gletscher nahe an seinem Ende, und steigen ihn hinan. Wir sind bald vor einer Schutzwehr angekommen, die aus drei aufeinanderfolgenden Schneewänden besteht, von denen die eine über der andern emporsteigt und jede hinter der andern zurücktritt. Der Fuss einer jeden Wand wird von dem obern Ende der folgenden durch einen vorstehenden Rand getrennt, auf welchem drohende Massen geborstener Schneefelder liegen. Wir sind von Blöcken und Schutt

umgeben, welche augenscheinlich von diesen Rändern heruntergekommen sind, auf welchen andere Massen ruhen, die offenbar bald herunterstürzen werden.

463. Auf den senkrechten Wänden dieser Schutzwehr sahen wir, mit grosser Deutlichkeit ausgeprägt, die wagerechten Schichtungslinien, während etwas dem geäderten Bau sehr Aehnliches die Schichtungslinien in einem beinahe rechten Winkel



Aederung und Schichtung auf dem Furkagletscher.

zu durchschneiden scheint. Die senkrechte Oberfläche ist jedoch verwittert, und die geäderten Linien, wenn es welche sind, sind undeutlich. Die Aufgabe ist jetzt, die Oberfläche zu entfernen und das Eis darunter blosszulegen. Wir haben einen der vielen Fälle wie schon öfters vor uns, wo der Werth einer Beobachtung gegen die Gefahr, die damit verbunden ist, abgewogen werden muss.

464. Wir thun nichts übereilt; aber indem wir die vorstehenden Ränder prüfen und einen Angriffs-

punkt wählen, kommen wir zum Schluss, dass die Gefahr nicht zu gross ist, der wir uns aussetzen. Wir nähern uns der Wand, entfernen die Oberfläche, und werden durch die Entdeckung belohnt, dass unter ihr die wirklichen blauen Adern zu sehen sind. Sie sind überdies senkrecht, während die Schichtung wagerecht verläuft. Bruce wurde, wie Sie wissen, in mancher Schlacht geschlagen, aber er hielt aus und gewann zuletzt. Hier auf dem Furkagletscher haben Sie ebenfalls ein kleines Bannockburn geschlagen und gewonnen.

465. Aber wir wollen nicht zu früh von Siegen sprechen. Die Theorie der Schichtung ist bei den Erklärungsgründen ausgeschlossen worden, aber bis jetzt ist noch nichts an ihre Stelle getreten.

§. 65. Zusammenhang zwischen Aederung und Druck.

466. Dieser geäderte Bau wurde zuerst durch den ausgezeichneten schweizer Naturforscher Guyot, der jetzt in den Vereinigten Staaten lebt, beschrieben. Vom Grimselpass aus habe ich Ihnen schon den Griesgletscher gezeigt, der sich an der gegenüberliegenden Seite des Rhônethals über die Berge erhebt. Auf diesem Gletscher machte Herr Guyot seine Beobachtung.

467. „Ich sah“, sagte er, „unter meinen Füßen die Oberfläche des ganzen Gletschers mit regelmässigen, ein bis zwei Zoll breiten Furchen bedeckt, die sich in eine halb schneeige Masse ein-

senkten und durch vorspringende Platten härtern und durchsichtigern Eises getrennt waren. Es war klar, dass hier der Gletscher aus zweierlei Arten Eis zusammengesetzt war; die eine, welche die Furchen bildet, ist mehr schneeig und leichter schmelzend; die andere, die der Platten, ist vollkommener, krystallartiger, glasig und mehr widerstandsfähig; und der ungleiche Widerstand, welchen die beiden Arten Eis der Atmosphäre entgegensetzen, war offenbar die Ursache der Furchen.

468. „Nachdem ich sie mehrere hundert Ellen weit verfolgt hatte, gelangte ich zu einer 20 bis 30 Fuss breiten Spalte, welche, indem sie die Platten und Furchen im rechten Winkel durchschnitt, das Innere des Gletschers in einer Tiefe von 30 oder 40 Fuss blosslegte und einen schönen Durchschnitt des Baues zeigte. Soweit meine Augen reichten, sah ich die Masse des Gletschers aus Schichten von schneeigem Eis zusammengesetzt, von denen je zwei durch eine der besprochenen harten Platten getrennt wurden. Das Ganze bildete eine regelmässig blätterige Masse, welche gewissem kalkartigen Schiefer ähnlich war.“

469. Ich habe nie unterlassen, Sie auf allen von uns untersuchten Gletschern auf die kleinen, oberflächlichen, eben beschriebenen Furchen aufmerksam zu machen; und Sie haben überdies bemerkt, dass in den Furchen hauptsächlich der feinere Schmutz, der über den Gletscher ausgestreut ist, liegt. Man könnte vermuthen, ein Rechen sei über das Eis

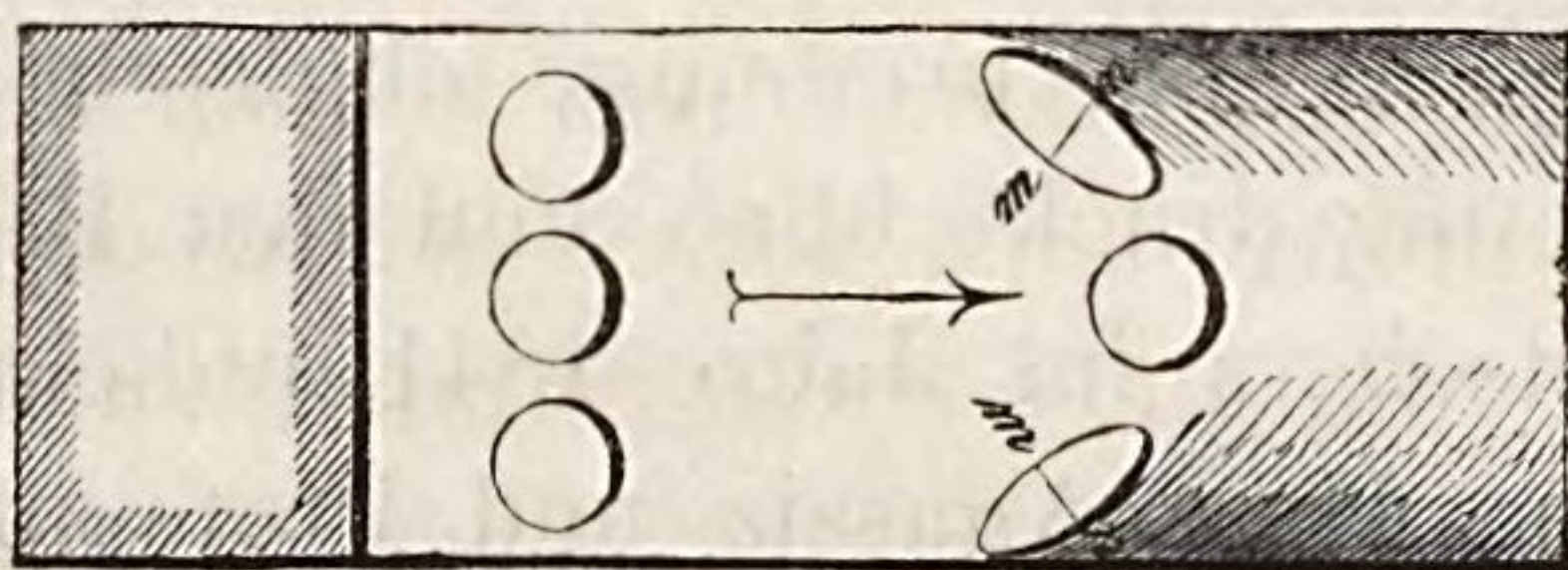
hingefahren. Und wo diese Furchen von einer Eisspalte unterbrochen wurden, da zeigte sich immer der geschichtete Bau an den Wänden des Risses. Die Furchung der Oberfläche ist in der That ein unfehlbares Kennzeichen für die innere Blätterung des Eises.

470. Wir haben diesen Bau durch die verschiedenen Theile der Gletscher, auf welchen sein Erscheinen am deutlichsten war, verfolgt; und wir haben dem Zustand des Eises auf diesen Plätzen besondere Aufmerksamkeit gewidmet. Die blosse Thatsache, dass er die Spalten im rechten Winkel schneidet, ist bedeutsam. Wir kennen den mechanischen Ursprung der Spalten; wir wissen, dass es Risse sind, die im rechten Winkel zu den Spannungslinien gebildet sind. Aber da die Spalten auch senkrecht auf den Ebenen der Schichtung stehen, so müssen die Spannungslinien mit diesen Ebenen parallel laufen.

471. Auf den Gletschern jedoch kommt Spannung selten allein vor. An den Seiten des Gletschers zum Beispiel, wo sich Randspalten bilden, wird die Spannung immer von Druck begleitet; die eine Kraft arbeitet rechtwinkelig zur andern. Hier ist daher der geäderte Bau, welcher parallel mit den Spannungslinien läuft, senkrecht auf den Linien des Drucks.

472. Dass dies wirklich der Fall ist, wird Ihnen gleich klar werden. Die beifolgende Figur stelle das Bett des Gletschers vor, welcher sich in der

Richtung des Pfeils bewegt. Denken Sie sich drei Kreise auf dem Eis gezeichnet, einen in der Mitte und zwei zu beiden Seiten. Auf einem Gletscher von gleichförmiger Neigung würden sich alle drei Kreise nach abwärts bewegen, dabei aber nur der mittlere seine Kreisform beibehalten. Durch die Verzögerung der Seitenbewegung würden die seitlichen Kreise zu einförmigen Figuren ausgezogen werden. Diese beiden Kreise würden sich verlängern in der einen Richtung und zusammengedrückt werden in der andern. Senkrecht auf



dem langen Durchmesser, welcher die Richtung des Zuges darstellt, haben wir die seitlichen Spalten; senkrecht auf dem kurzen Durchmesser *m n*, welcher die Richtung des Drucks angibt, finden wir den geäderten Bau des Randes.

473. Dieser Zusammenhang zwischen dem Bau und dem Druck besteht ausnahmslos. An der Grundfläche der Eisfälle, wo sich das Gefälle des Gletscherbettes plötzlich verändert, reicht der Druck in vielen Fällen aus, nicht nur die Spalten zu schliessen, sondern auch das Eis heftig zu pressen. An solchen Stellen erscheint immer das bänderige Gefüge, indem es gerade quer über den Gletscher

hinweggeht. Wenn zwei Zweiggletscher sich vereinigen, so verstärkt ihr gegenseitiger Druck das vorherbestehende blätterige Gefüge an den Rändern der beiden Arme und entwickelt neue Flächen der Blätterung. Unter den Mittelmoränen haben wir daher gewöhnlich eine gute Entwicklung des Gefüges. Es stellt sich zum Beispiel schön dar unter der grossen Mittelmoräne des Aargletschers.

474. Es war auch wirklich auf diesem Gletscher, wo die blauen Adern unabhängig von der ersten Beschreibung des Herrn Guyot drei Jahre später beobachtet wurden. Ich sage unabhängig, weil Herrn Guyot's Beschreibung, obgleich 1838 geschrieben, ungedruckt blieb und den Beobachtern des Aargletschers im Jahre 1841 unbekannt war. Diese waren Herr Agassiz und Professor Forbes. Letzterer widmete später der Gefügefrage grosse Aufmerksamkeit, und seine Beobachtungen und Schlüsse verliehen ihr hauptsächlich die wichtige Stellung, die sie jetzt in der Lehre von den Gletschererscheinungen einnimmt.

475. Auf diese Weise haben wir, ohne die Gletscher selbst zu verlassen, den Zusammenhang zwischen Druck und Gefüge hergestellt. Gibt es irgendetwas in unserer frühern wissenschaftlichen Erfahrung, mit dem diese Thatsachen in Verbindung gebracht werden könnten? Die neue Erkenntniss der Natur muss immer ihre Wurzeln in die alte erstrecken und aus ihr als ein organisches Ganzes hervorwachsen.

§. 66. Schieferspaltung und Gletscherblätterungen.

476. Herr Guyot hat einen ausserordentlich scharfsinnigen Fingerzeig gegeben, als er den geäderten Bau mit der Spaltung der Schieferfelsen verglich. Wir müssen etwas von dieser Spaltung erfahren, denn sie bildet den Schlüssel zu der Frage, welche uns jetzt beschäftigt. Lassen Sie uns nach den Steinbrüchen von Bangor oder Cumberland gehen und die Steinbrecher in ihren Schuppen beobachten, wie sie die Felsen spalten. Mit einer scharfen Spitze, die geschickt in den Rand des Schiefers eingeschlagen wird, theilen sie ihn in dünne Platten, die je nachdem zu Dachschiefer oder Schreibtafeln geeignet sind. Die Flächen, auf welchen der Felsen sich spaltet, werden Spaltungsflächen genannt.

477. Durch den ganzen Steinbruch hindurch bemerken Sie eine vollkommen gleichmässige Richtung dieser Flächen. Wie kann dieser blätterige Bau erklärt werden?

478. Man ist geneigt, diese Spaltung als Folge einer Art von Schichtung oder in Pausen erfolgenden Ablagerung anzusehen; denn es gibt wirklich in verschiedenen Theilen Englands Felsen, welche auf den Schichtungsebenen in dünne Fliesen gespalten werden können. Aber wenn wir diese Schieferfelsen untersuchen, bestätigt sich die wie ich glaube von dem bedeutenden und verehrten

Professor Sedgwick gemachte Beobachtung, dass die Ablagerungsflächen gewöhnlich senkrecht auf den Spaltungsflächen verlaufen.

479. Sie bemerken, dass wir hier einen vollkommen ähnlichen Fall haben wie bei der Gletscherblätterung, welche wir auch zuerst geneigt waren, von der Schichtung abzuleiten. Wir fanden jedoch später Blätterungsflächen, welche die Lagerungsschichten des Schnees durchkreuzten, genau so wie die Spaltungsflächen die Schichtungen der Schieferfelsen kreuzen.

480. Aber die Aehnlichkeit geht noch weiter. Schieferspaltung war so lange ein Räthsel für die Geologen, bis der verstorbene Herr Daniel Sharpe die Entdeckung machte, dass Muscheln und andere Versteinerungen und Körper, welche in Schieferfelsen gefunden werden, ausnahmslos in der Richtung der Spaltungsflächen abgeflacht sind.

481. Treten wir in irgendein wohleingerichtetes Museum ein — zum Beispiel in die Bergwerksschule in Jermyn-Street — und betrachten die hier gesammelten Beweisstücke. Sehen Sie besonders die versteinerten Trilobiten aus den Schieferfelsen an. Sie sind in einigen Fällen auf ein Drittel ihrer ursprünglichen Dicke zusammengequetscht. Zahlreiche andere Muster zeigen auf die schlagendste Weise die Abflachung von Muscheln.

482. Dem von Herrn Sharpe angeführten Beweisgrund fügte Herr Sorby einen andern mächtigen Beweisgrund hinzu, welcher auf die mikroskopische

Untersuchung von Schieferfelsen gegründet ist. Wenn man beide in Betracht zieht, so drängt sich der Schluss unwiderstehlich auf, dass auf solche Felsen ein ausserordentlich starker Druck rechtwinkelig auf die Spaltungsebenen ausgeübt wurde, ganz ebenso wie der Gletscher rechtwinkelig auf seine Bänderungsflächen einen starken Druck erlitten hat.

483. Der Zusammenhang von Druck und Blätterung ist somit bewiesen; aber die Frage entsteht, ob sie zueinander in der Beziehung der Ursache und Wirkung stehen? Der einzige Weg, diese Frage zu beantworten, ist der, dass wir die Zustände der Natur künstlich herstellen und versuchen, ob wir dieselben Folgen herbeiführen können.

484. Die Masse der Schieferfelsen war einst ein weicher, knetbarer Schlamm, in welchem Versteinerungen eingebettet waren. Lassen Sie uns die Wirkung eines Drucks auf solchen Schlamm nachahmen, indem wir statt dessen erweichtes weisses Wachs nehmen. Wir legen eine Kugel des Wachses zwischen zwei Glasplatten, welche angefeuchtet sind, um das Kleben zu verhindern, üben einen Druck aus und flachen das Wachs ab.

485. Die flachgedrückte Masse ist anfänglich zu weich, um sich scharf zu spalten; aber wenn Sie die Wachsplatte dehnen, können Sie sehen, dass sie blätterig ist. Wir wollen sie mit Eis hart machen. Wir finden danach, dass kein Schieferfelsen je eine so feine Blätterung dargestellt hat.

Es ist kaum nöthig zu sagen, dass die Blättchen rechtwinkelig zum Druck stehen.

486. Eine Ursache dieser Blätterung ist, dass das Wachs aus einem Haufen von Körnchen besteht, deren Oberflächen einen nur schwachen Zusammenhang haben; und dass durch den Druck diese Körnchen zusammengequetscht werden und so Ebenen geringeren Zusammenhangs senkrecht auf die Richtung des Drucks entstehen.

487. Aber die Hauptursache der Blätterung sehe ich in dem seitlich übereinander Hingleiten der Wachstheilchen. Alte Verbindungen werden dadurch gelockert, welche die neuen nicht wieder befestigen können. Auf diese Weise erzeugt das aneinanderstreifende Gleiten Blätterung, wie die Schienen in der Nähe einer Station durch das Gleiten des Rades abgeblättert werden.

488. Statt Wachs können wir den Schiefer selbst nehmen, ihn zu Pulver mahlen, Wasser hinzufügen und so den ursprünglichen Schlamm wiedererzeugen: Durch geeigneten Druck des Schlammes nach einer Richtung wird die Blätterung wiederhergestellt.

489. Rufen Sie sich nun die Beweisgründe zurück, welche wir für die Eigenschaft des Eises, dem Druck nachzugeben, hatten. Erinnern Sie sich des Kürzerwerdens des Gletschers du Géant und der Zusammenpressung des Gletschers de Léchaud bei Trélaporte. Eine solche Masse, die langsam vom Druck bearbeitet wird, gibt seitlich nach. Ihre Theilchen werden übereinandergleiten,

die getrennten Verbindungen werden jedoch unmittelbar durch Wiedergefrierung wiederhergestellt. Sie wird nicht gleichmässig nachgeben, sondern nach einzelnen Ebenen. Sie wird auch nicht gleichmässig aufthauen, sondern nach gewissen Flächen. Beides, das Aufthauen und das Gleiten, wird vorzugsweise rechtwinkelig auf die Richtung des Drucks stattfinden; und die Folge davon ist die Blätterung des Gletschers.

490. Solange als das geblätterte Gletschereis unversehrt ist, widersteht es dem Zerspalten. Wiedergefrierung stellt die gelockerten Verbindungen wieder her, wie ich schon gesagt habe. Aber wenn solches Eis dem Wetter ausgesetzt ist, wird das Gefüge offenbar, und das Eis kann in Tafeln von einem Quadratfuss oder selbst einer Quadratelle zerspalten werden.

§. 67. Schluss.

491. Hier sind wir mit unserer Aufgabe zu Ende. Es war mir ein wahres Vergnügen, Sie so lange zur Seite gehabt zu haben. Im Schweisse unsers Angesichts haben wir oft die Höhen erreicht, wo unsere Aufgabe zu lösen war, aber Sie waren durchweg standhaft und unverdrossen, und haben in allen möglichen Fällen Ihre eigenen Muskeln gebraucht, statt sich auf die meinigen zu verlassen. Hin und wieder habe ich Ihnen meinen Arm geliehen und habe Ihnen auf ein Felsenriff geholfen, aber das Ersteigen haben Sie ganz allein ausge-

führt. Auf diese Weise möchte ich Sie alles lehren; indem ich Ihnen den Weg zu nutzbringender Anstrengung zeige, aber die Anstrengung Ihnen überlasse und mehr darauf bedacht bin, Ihre Mannhaftigkeit angesichts von Schwierigkeiten zu stärken, als Ihren Weg zu ebnen, indem ich die Schwierigkeiten beseitige.

492. Standhaft, weise, unerschrocken, obgleich nicht immer ohne Furcht, habe ich Sie auf Felsen und auf Eis gefunden, und Sie haben die noch seltenere Eigenschaft der Standhaftigkeit in geistiger Anstrengung bewiesen. Wie sie hier dargestellt worden ist, erscheint unsere Aufgabe einfach genug, aber Sie und ich wissen, wie wir oft standhaft mit den Thatsachen ringen mussten, um ihre Bedeutung herauszufinden. Die Arbeit ist jedoch jetzt vollbracht, und Sie beherrschen einen Abschnitt jener sichern und bestimmten Kenntniss, welche auf das getreue Studium der Natur gegründet ist. Ist das nicht des Preises werth? Oder vielmehr war der Preis selbst, die gesunde, wenn auch zuweilen harte Anstrengung von Geist und Körper auf Alpen und Gletschern, nicht ein Theil unsers Genusses?

493. Hier trennen wir uns. Und sollten wir uns nicht wieder begegnen, so wird doch das Andenken an diese Zeit uns verbinden. Leben Sie wohl.



Tyndall, John,

Das Wasser in seinen Formen als Wolken und Flüsse, Eis und Gletscher

Leipzig 1873

Augsburg, Staats- und Stadtbibliothek -- Nat 1802

urn:nbn:de:bvb:12-bsb11192980-7